

Правительство Вологодской области
Департамент образования Вологодской области
ГОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический университет»
ГОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет»
ФГОУ ВПО «Вологодская государственная молочнохозяйственная
академия им. Н.В. Верещагина»
ГОУ ВПО «Череповецкий государственный университет»

**МАТЕРИАЛЫ
III ЕЖЕГОДНЫХ СМОТРОВ – СЕССИЙ
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ПО ОТРАСЛЯМ НАУК**

I том

Технические науки

Вологда
2009

УДК 001 (06)
ББК 72
М 34

Редакционная коллегия:
Плеханов А.А., проректор по научной работе
и инновационному развитию;
Булгакова Л.И., канд. техн. наук, доцент;
Лебедева Е.А., канд. техн. наук, доцент;
Булавина Т.Г., канд. техн. наук, доцент;
Телина Н.В., зав. лаб. метод. обеспечения НИР
студентов и аспирантов.

М 34 Материалы III ежегодных смотров – сессий аспирантов и молодых ученых по отраслям наук: в 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т. 1: Технические науки. – 291 с.

ISBN 978–5–87851–390–6

Представлены статьи, содержащие результаты научных исследований по направлению «Технические науки», молодых ученых, аспирантов и студентов вузов Вологодской области, выступивших с докладами на Ежегодных смотрах-сессиях, прошедших в рамках подпрограммы «Научная смена» областной целевой программы «Развитие системы образования Вологодской области на 2007-2010 годы».

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

УДК 001 (06)
ББК 72

ISBN 978–5–87851–390–6

© ВоГТУ, 2009

Уважаемые коллеги!

Модернизация экономики страны, региона немыслима без творческих, талантливых людей, нового поколения профессионалов. Весьма значима роль науки в решении проблемы становления таких людей еще на стадии их обучения.

Активизация научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов, выявление перспективных научных кадров, использование их интеллектуального потенциала для решения актуальных научных проблем, способствующих социально-экономическому развитию Вологодской области – вот основные задачи, которые ставили перед собой организаторы III ежегодных смотров-сессий аспирантов и молодых ученых по отраслям наук, проходивших 18–19 ноября 2009 года на базе Вологодского государственного технического университета.

Для молодых исследователей подобное мероприятие – это возможность продемонстрировать свои идеи, наработки, научные открытия, поделиться опытом со своими коллегами из других вузов. Подтверждением служит областной статус мероприятия, в рамках которого было представлено 111 докладов молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов старших курсов из 9 высших учебных заведений.

Работа сессий была организована в пяти секциях: «Информационные технологии», «Экология, водоснабжение и водоотведение», «Технические проблемы в машиностроении и на транспорте», «Инженерно-технические проблемы в строительстве», «Экономические науки».

В рамках сессий был проведен Конкурсный отбор инновационных проектов для участия в программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (У.М.Н.И.К.), организованной Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. В номинации «За научные результаты, обладающие существенной новизной, среднесрочной (до 5-7 лет) перспективой их эффективной коммерциализации» было представлено 30 проектов, шесть из которых признаны победителями. Финансовая поддержка Фондом позволит молодым исследователям реализовать свои проекты.

В целом в сборнике опубликованы материалы всех докладов, с которыми выступили участники сессий. Будем надеяться, что специалисты различных предприятий и организаций найдут в сборнике информацию, которая их заинтересует.

*Проректор по научной работе
и инновационному развитию ВоГТУ*

А.А. Плеханов

Секция «ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ И НА ТРАНСПОРТЕ»

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Е.А. Бахтурин

Научный руководитель: А.С. Степанов, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

При обработке материалов инструмент и деталь испытывают сложные напряженно-деформированные состояния (НДС), что вызывает деформацию системы и потерю точности обработки. Возникают различные силы, напряжения, деформации. Поэтому в технологических расчетах требуется производить прочностной анализ элементов системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь).

Для анализа НДС можно использовать традиционные методы проверочного расчета, но они имеют достаточную точность только для простых деталей. В тех случаях, когда конструкции сложны, использование традиционных методов снижает точность расчетов.

Поэтому предлагается для выполнения расчета применить метод конечных элементов (МКЭ), который реализован в некоторых программных продуктах. Наиболее развитым на сегодняшний день является программный конечно-элементный комплекс ABAQUS.

В данной работе рассматривается операция фрезерования лыски ступенчатого вала. В качестве режущего инструмента принимаем торцевую фрезу, рассчитываем режимы резания. Объектом исследования выступают напряжения и величина смещения обрабатываемой поверхности, влияющие на точность обработки детали.

При различном закреплении заготовка приобретает различную жёсткость, которая оказывает влияние на её деформацию в процессе обработки [2]. Произведем расчёт напряжённо-деформированного состояния вала при использовании различной технологической оснастки. Рассмотрим 3 вида закрепления: в трёхкулачковом самоцентрирующемся патроне, в тисках, в призме.

В первом случае для закрепления ступенчатого вала используем трёхкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 1.1), изображаем схему базирования (рис. 1.2).

Выполняем последовательность действий, необходимых для расчёта: прикладываем силы резания, ограничения. В итоге получаем наглядные изображения последовательности процесса расчёта напряжённо-деформированного состояния (рис. 1.4 – 1.7).

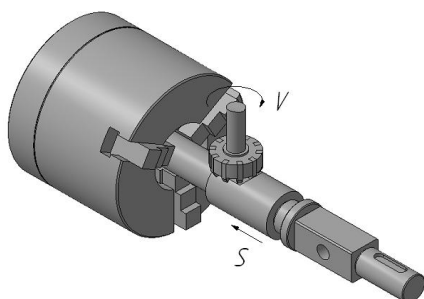


Рис. 1.1. Схема обработки

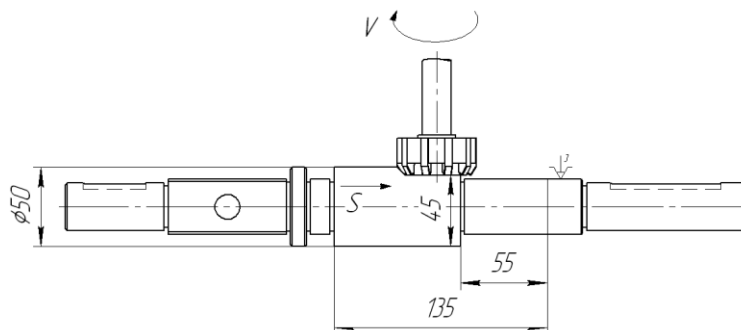


Рис. 1.2. Схема базирования

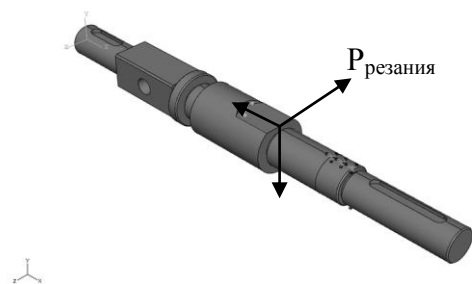


Рис. 1.3. Приложение сил резания

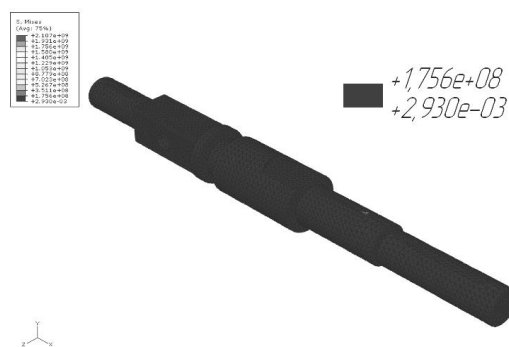


Рис. 1.4. Величина внутренних напряжений

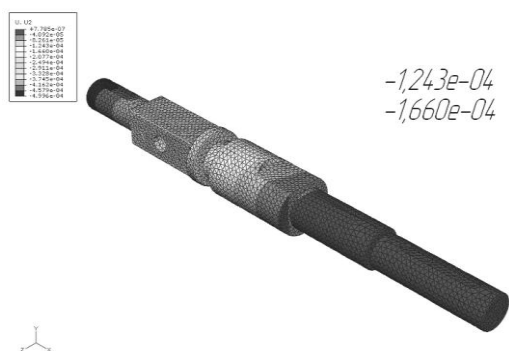


Рис. 1.5. Величина перемещений конечных элементов

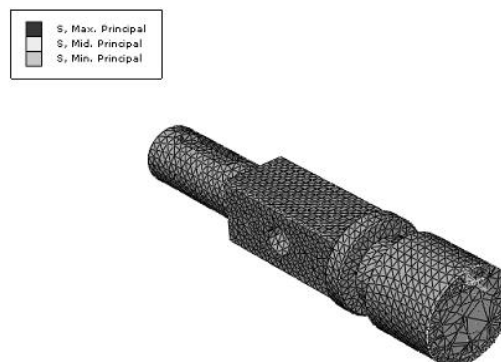


Рис. 1.6 Растяжение и сжатие в заданном сечении

В результате расчёта величина смещения обрабатываемой поверхности составила от -0,1243 мм до -0,1660 мм.

Возможным вариантом технологической оснастки для закрепления вала могут быть тиски. В этом случае закрепление осуществляется по

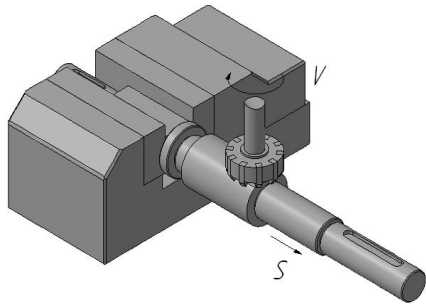


Рис. 1.7. Схема обработки

плоским поверхностям вала (рис. 1.7) и находится ближе к зоне обработки, по сравнению с закреплением в патроне, поэтому может быть эффективным. Схема базирования и наглядные изображения последовательности процесса расчёта НДС приведены на рис. 1.8 – 1.12.

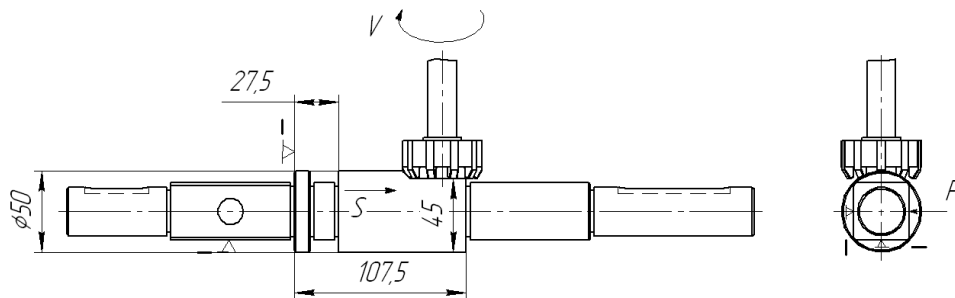


Рис. 1.8. Схема базирования

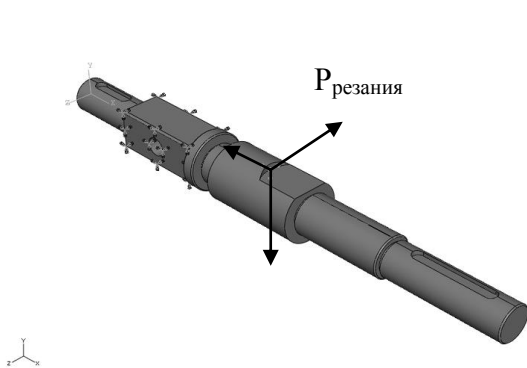


Рис. 1.9. Приложение сил резания



Рис. 1.10. Величина внутренних напряжений

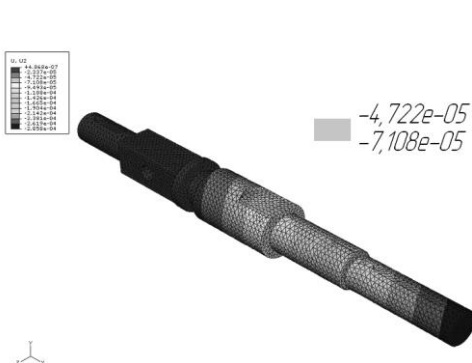


Рис. 1.11. Величина перемещений конечных элементов

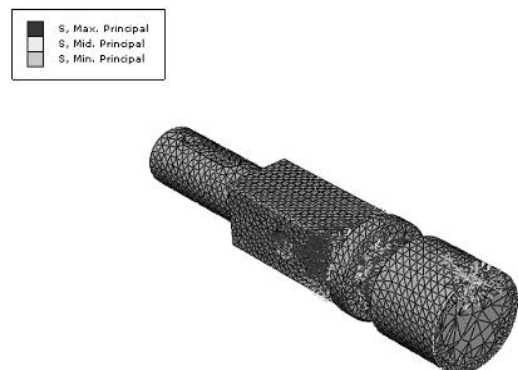


Рис. 1.12. Растяжение и сжатие в заданном сечении

В результате расчёта величина смещения обрабатываемой поверхности составила от $-0,04722$ мм до $-0,07108$ мм, что является лучшим результатом при сравнении с первым случаем закрепления.

В третьем случае осуществим закрепление вала в призме. При таком закреплении необходимо использование зажимного устройства. Как правило, прижим заготовки осуществляется напротив опор, но в данном случае предполагается, что согласно технологическому процессу прижим заготовки на участках вала, расположенных напротив опор, осуществить нельзя. Таким образом, зажимное усилие прикладываем и ведём для него расчёт на участке вала, изображённом на рис. 1.13. Методика расчёта НДС в данной ситуации разделяется на два этапа. Первоначально производится расчёт НДС при приложении зажимных усилий с получением величины перемещений конечных элементов. На втором этапе расчёт НДС осуществляется при приложении дополнительно к зажимным усилиям сил резания, выявляется величина перемещений конечных элементов. Действительная же величина перемещений конечных элементов при таком варианте закрепления получается в результате разницы величины перемещений конечных элементов при приложении зажимных усилий с силами резания и величины перемещений конечных элементов при приложении зажимных усилий.

Расчёт НДС проводится по такой методике вследствие изменения жёсткости заготовки после приложения зажимных усилий и изменения склонности её к деформации под воздействием этих усилий при последующем приложении сил резания.

Результаты расчёта НДС приведены на рис. 1.13 – 1.20.

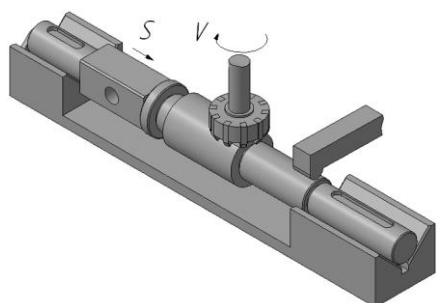


Рис. 1.13. Схема обработки

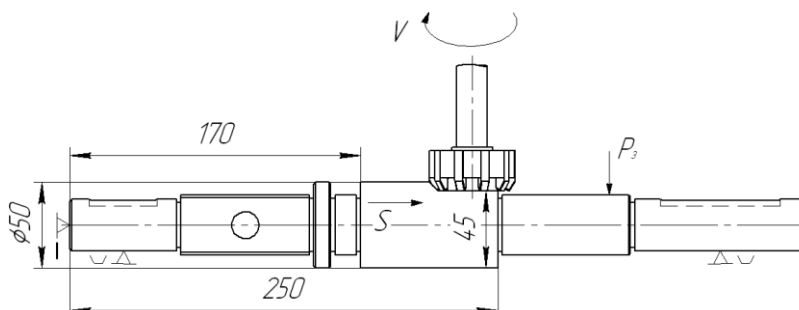


Рис. 1.14. Схема базирования

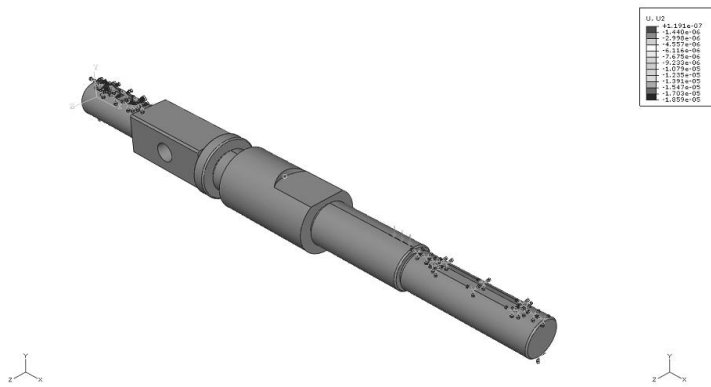


Рис. 1.15. Приложение зажимных усилий

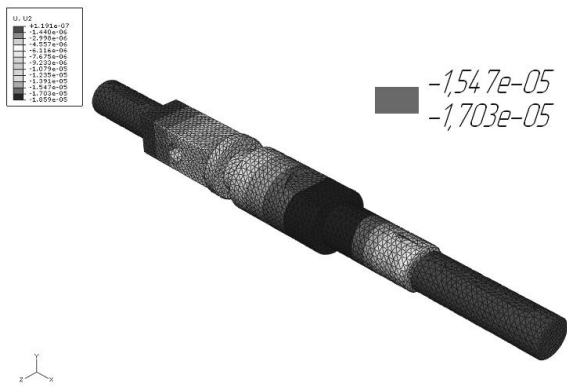


Рис. 1.16. Величина перемещений конечных элементов

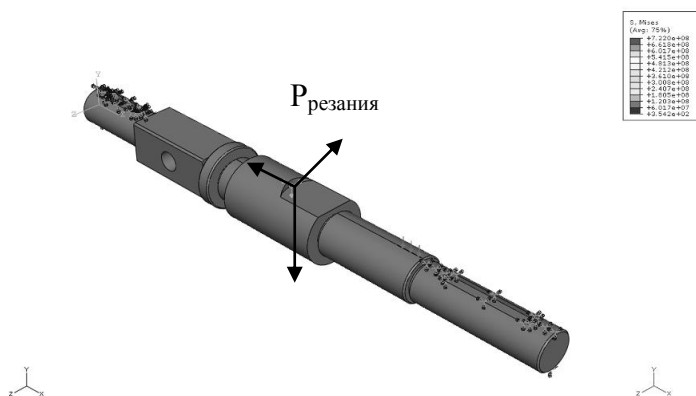


Рис. 1.17. Приложение зажимных усилий и сил резания



Рис. 1.18. Величина внутренних напряжений и сил резаний

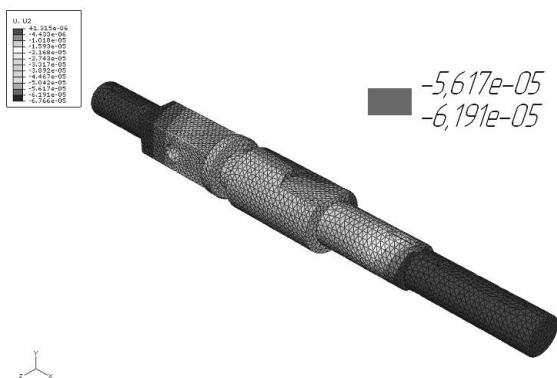


Рис. 1.19. Величина перемещений конечных элементов

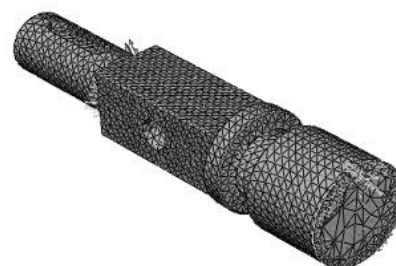
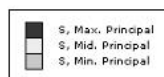


Рис. 1.20. Растяжение и сжатие в заданном сечении

Рассчитанная величина смещения обрабатываемой поверхности составила от $-0,0407$ мм до $-0,04488$ мм, значение которой меньше, чем значения величины смещения в первом и втором случае закрепления.

Таким образом, был произведён расчёт напряжённо-деформированного состояния вала при использовании различной технологической оснастки. Выявлено, что из рассмотренных технологических схем оптимальной является закрепление вала в призме.

При использовании программного комплекса Abaqus уже на этапе проектирования можно оценить напряженно-деформированное состояние деталей, что обеспечивает уменьшение затрат на отладку технологического процесса и на запуск изделия в производство.

Литература

1. Ильин, К.П. Практическое применение программного комплекса ABAQUS в инженерных задачах: учеб. пособие / К.П. Ильин, Т.Б. Манилык. - М.: МФТИ, ТЕСИС, 2006. - 134 с.
2. Справочник молодого фрезеровщика: справочник / В.Л. Косовский. - М.: Высшая школа, 1992.- 400 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Е.А. Брынин

*Научный руководитель А.С.Степанов, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

При резании металлов неизбежно возникают колебания системы СПИД, называемые вибрациями, которые увеличивают износ инструмента (особенно из хрупких инструментальных материалов), ухудшают качество обработанной поверхности и ускоряют износ станков. Вибрации могут привести к снижению производительности, так как в целях их уменьшения приходится работать с заниженными режимами резания.

Получение информации о параметрах движения и вибрации при эксплуатации промышленного оборудования, приборов и всевозможных динамических объектов представляет собой первоочередную задачу при оценке качества и надежности работы как отдельных узлов, так и всех установок в целом.

Обязательным условием получения высокой точности и низкой шероховатости обработанной поверхности при применении высокопроизводительных режимов является устойчивость движения при резании. Для

этого технологическая система СПИД должна быть виброустойчивой и не допускать существенных колебаний. Наблюдения показали, что в зависимости от условий работы возбужденные колебания детали и инструмента могут быть низкочастотными или высокочастотными; и возникают они одновременно или независимо друг от друга. Как правило, низкочастотные колебания имеет деталь, а высокочастотные — инструмент. Ухудшая качество обработки, возбужденные колебания определенной амплитуды и частоты могут одновременно снизить стойкость инструмента.

При всех известных видах обработки наблюдаются два вида колебаний: вынужденные и самовозбуждающиеся. Вынужденные колебания появляются из-за периодичности действия возмущающей силы. Устранение вынужденных колебаний не встречает принципиальных трудностей, так как при устранении обнаруженного источника колебаний вибрации прекращаются. Самовозбуждающиеся колебания или автоколебания возникают при отсутствии видимых внешних причин. К ним относятся такие, у которых переменная сила, поддерживающая колебательный процесс, создается и управляется самими колебаниями. При устранении колебаний исчезает и сила, возбуждающая и регулирующая колебания.

При исследовании автоколебаний используется механическая модель технологической системы, представленная на рис. 1.

В этой модели заготовку рассматривают как абсолютно твердое тело, имеющее равномерное вращательное движение. Весь колебательный процесс связан только с перемещением резца. Массу m колеблющейся системы рассматривают сосредоточенной на вершине резца. Упругие связи схематично представлены в виде пружин, на которых подвешена масса. Пружины направлены по главным осям ξ и ζ жесткости системы. Сила P резания направлена под углом α к оси Z .

В процессе работы резец, выведенный какой-либо причиной из состояния равновесия, начинает колебаться в двух направлениях. Его вершина перемещается относительно заготовки по замкнутой траектории, близкой к эллипсу (рис. 2, а). При движении резца в направлении действия силы от точки 1 к точке 4 глубина резания, а следовательно, и сила резания будут больше, чем при движении резца в направлении, противоположном действию силы. На рис. 2, б показаны перемещения вершины резца, вызываемые изменениями силы резания.

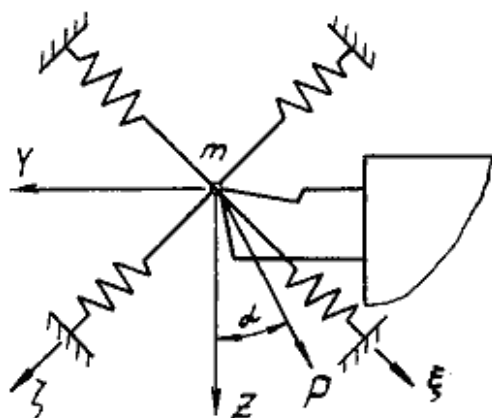


Рис. 1. Механическая модель технологической системы с упругими связями

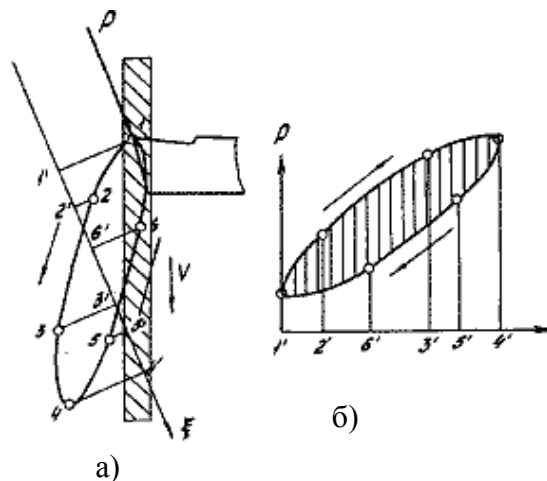


Рис. 2. Траектория перемещения вершины резца (а) и изменение силы резания за один цикл колебаний (б)

Движения вершины резца рассматриваемой модели описываются системой уравнений:

$$\begin{aligned} m\ddot{Z} + h_z\dot{Z} + C_z Z + C_{zy}Y &= P \cos \alpha, \\ m\ddot{Y} + h_y\dot{Y} + C_y Y + C_{yz}Z &= -P \sin \alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где m – масса колеблющейся системы, приведенной к вершине резца;

h_y и h_z – коэффициенты, учитывающие силы сопротивления;

C_y , C_z – коэффициенты жесткости, показывающие отношения сил, приложенных к массе, к порождаемым ими перемещениям;

C_{yz} , C_{zy} – коэффициенты дополнительных упругих связей, налагаемых на массу и препятствующих ее смещению по другой оси координат по принципу взаимозаменяемости, $C_{yz} = C_{zy}$;

P – сила резания;

α – угол между направлением силы резания и осью Z .

Решая эту систему уравнений, можно получить значения параметров, определяющих движение резца в процессе вибраций. Это движение представляет собой сумму двух колебательных движений, сдвинутых по фазе в направлении осей Y и Z :

$$\begin{aligned} y &= A_y \sin \omega t, \\ z &= A_z (\sin \omega t - \varphi), \end{aligned} \quad (2)$$

где A_y , A_z – амплитуды перемещений вершины резца по соответствующим осям координат;

ω – частота колебаний;

φ – сдвиг фаз колебаний по разным осям.

При разработке и реализации любых технологических процессов, связанных с использованием вибраций, одним из важнейших решений является выбор метода измерения заданной частоты, амплитуды и интенсивности.

Существует множество методов исследования вибрации:

- 1) механический,
- 2) магнитострикционный,
- 3) пьезоэлектрический,
- 4) емкостный,
- 5) омического сопротивления,
- 6) электроиндуктивный,
- 7) электромагнитный,
- 8) бесконтактный.

Один из простейших примеров детерминированного сигнала вибрации - гармоническое колебание (рис. 3). Случайный сигнал может принимать любое значение в определенном диапазоне, поэтому его характеризуют не амплитудой, частотой и фазой, а пиковым значением, среднеквадратическим значением, средним значением и значением от пика до пика.

Периодическая вибрация может быть представлена в виде спектра. В нем может быть одна составляющая (гармонический сигнал), или много кратных.

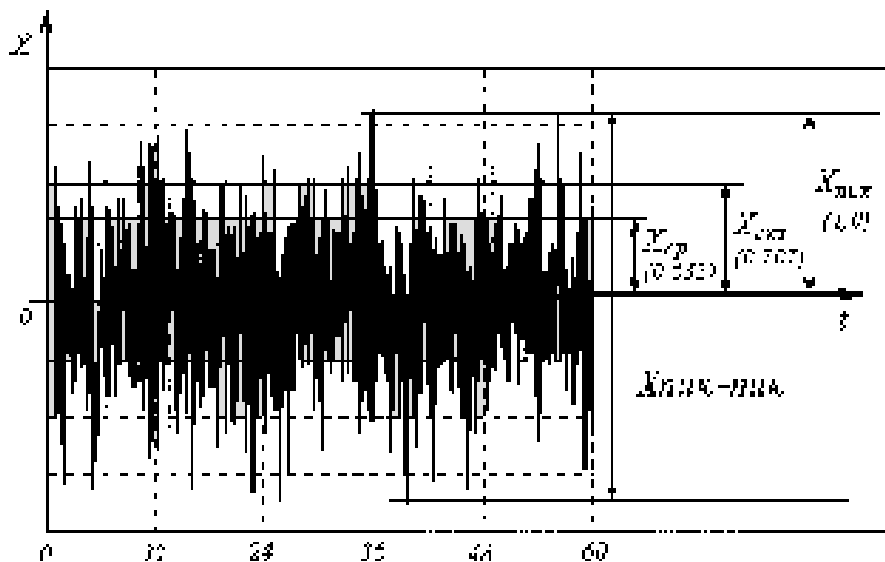


Рис. 3. Случайный сигнал вибрации

Типовой спектр (рис. 4) характеризуется, как правило, большим количеством гармонических составляющих в области низких частот. По мере увеличения частоты гармонических составляющих становится меньше и они практически отсутствуют в области высоких частот.

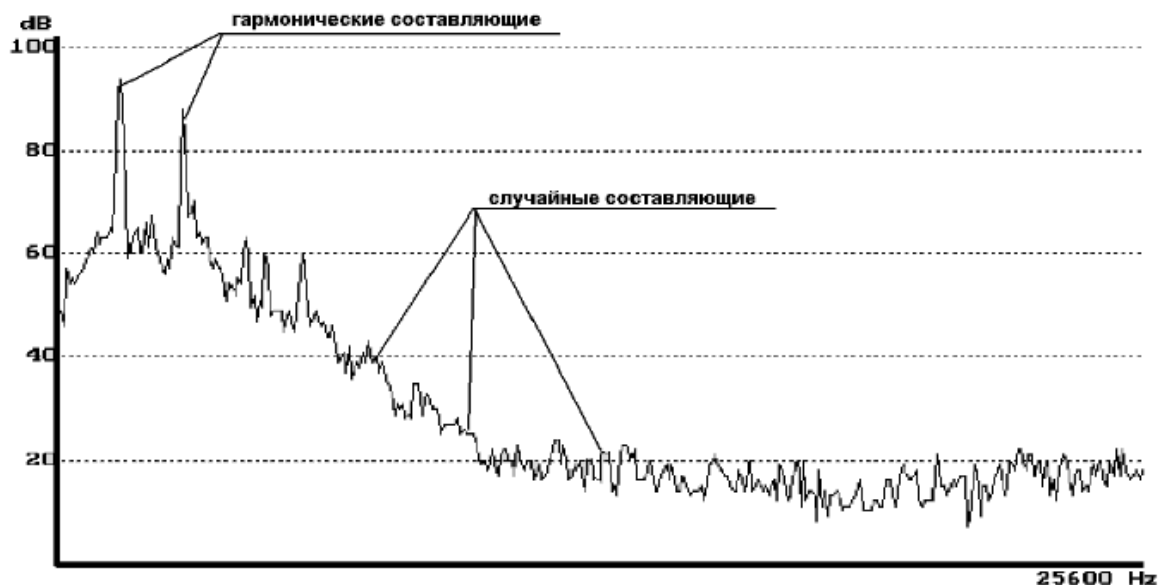


Рис. 4. Спектр сигнала вибрации

Для диагностики машин и оборудования при выборе частотной области вибрации следует учитывать свойства вибрации разной частоты.

На средних частотах в любой точке контроля вибрация возбуждается, в основном, колебательными силами, действующими в ближайших к ней узлах машины. В спектре вибрации наблюдается большое количество гармонических составляющих разной частоты, но из-за многочисленных резонансов соотношения амплитуд этих составляющих сильно отличаются от соотношений величин возбуждающих их колебательных сил. Как следствие – искажение информации о дефектах-источниках этих колебательных сил и отсутствие повторяемости результатов при малейшем изменении частоты вращения машины.

На высоких частотах вибрация приобретает волновой характер, в спектре мало линий, мало информации, но для возбуждения вибрации достаточно даже малых сил.

В лабораториях кафедры ТМС ВоГТУ проводятся исследования вибраций, возникающих в процессе обработки металлов резанием. Ниже приведены описание методики на примере токарной обработки и некоторые из полученных результатов.

Закрепляем вал диаметром 25 мм и вылетом 300 мм в трехкулачковый патрон. Устанавливаем и закрепляем резец, добившись, чтобы вершина режущей пластины была расположена строго на линии центров станка, а правая грань оправки резца — плотно прижата к внутренней грани резцедержателя. Вылет резца увеличен ($L_p = 113$ мм) для обеспечения возможности установки на резец виброгасителя. В резец, как можно ближе к зоне резания, ввинчиваем вибродатчик так, чтобы он очень

плотно прилегал к резцу, благодаря чему достигается максимальная чувствительность системы измерения. Во избежание выхода из строя преобразователя необходимо установить защиту от возможного попадания на него стружки. Подсоединяем кабель к датчику и ЭВМ.

Для проведения испытания устанавливаем глубину резания $t = 1,0$ мм, подачу $S = 0,045$ мм/об, частоту вращения шпинделя $n = 200$ мин⁻¹. При точении под действием сил резания на резце возникают вибрации. Вибродатчик преобразует механические колебания в электрические сигналы, пропорциональные ускорению колеблющегося объекта. Далее ЭВМ через кабель принимает аналоговый сигнал и в соответствии с настройками специализированной программы управления производит его оцифровку. После этого сохраняем данные (время записи – 5 сек.).

Далее устанавливаем частоту вращения шпинделя $n = 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000$ мин⁻¹ и записываем данные.

Затем на резец устанавливаем виброгасители по порядку в соответствии с их номерами и проводим те же испытания.

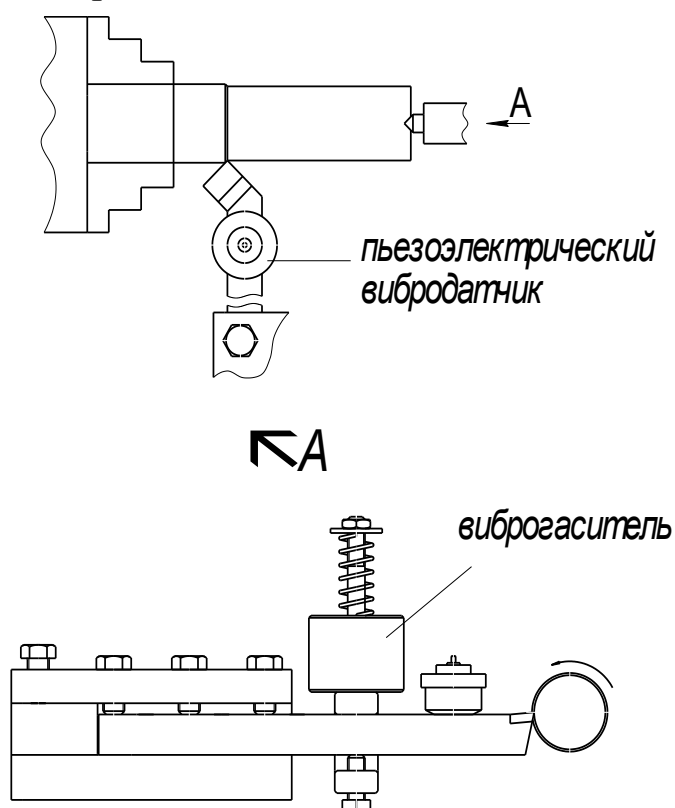


Рис. 5. Методика исследования вибраций и способов их гашения

На рис. 6 представлены данные, записанные с помощью специализированной программы. По оси ординат отложена амплитуда колебаний A , дБ, по оси абсцисс – время t , с. (на оси изображено восемь показаний, что соответствует восьми режимам резания).

С помощью специализированной программы были определены средние арифметические от пиковых значений амплитуды колебаний (табл.).

Из графика на рис. 7 видно, что с увеличением скорости резания вибрации резца увеличиваются. Однако, при $V = 78,5$ м/мин колебания уменьшаются, а при использовании виброгасителей с большим грузом, вибрации падают начиная с $V = 62,8$ м/мин. Это происходит в связи с тем, что с увеличением скорости уменьшаются деформации при резании.

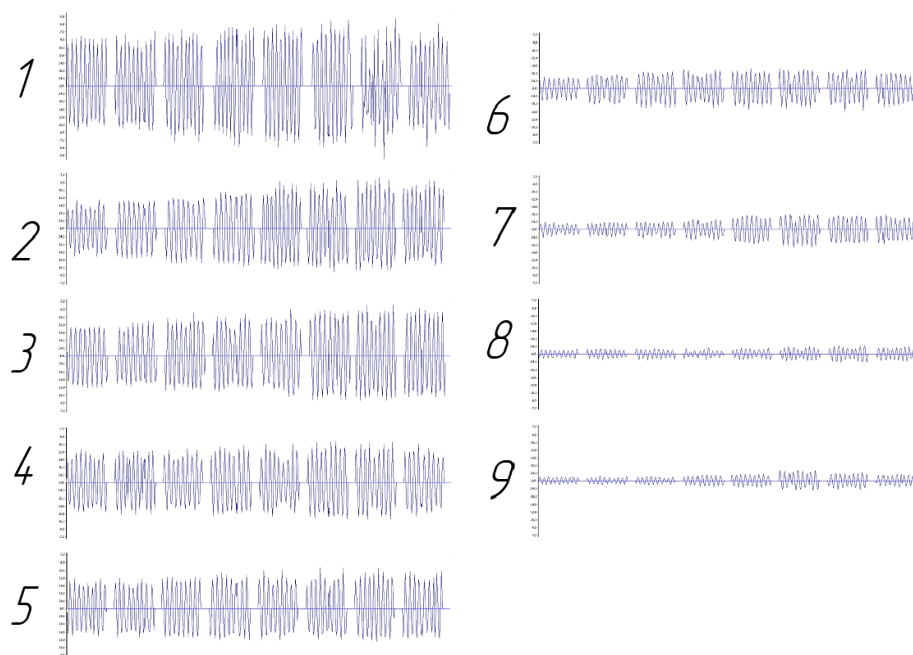


Рис. 6. Временные сигналы вибраций

Таблица

Зависимость амплитуды колебаний от величины скорости резания V

Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Амплитуда колебаний A , dB								
	Номера конструкций виброгасителей								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	-8	-12,8	-12,5	-11,7	-12,1	-20,2	-24,6	-27,3	-28
250	-7,7	-12,5	-11,1	-11,4	-12	-19,2	-24,2	-27	-27,5
315	-6,9	-12,1	-9,5	-11,2	-11,8	-17,1	-23,7	-26,7	-26,9
400	-6,5	-10,5	-9,1	-10,4	-10,7	-16	-21,7	-26	-26,1
500	-6,1	-8,3	-8,6	-10	-10,1	-15,7	-18,6	-25,5	-25,1
630	-5,5	-8,1	-8	-9,6	-9,5	-15,5	-17,6	-24,4	-21,1
800	-5,2	-7,7	-7,5	-9,3	-9,5	-16	-18,8	-23,5	-23,2
1000	-6	-8	-8,2	-9,9	-10,3	-17,6	-19	-24,3	-25

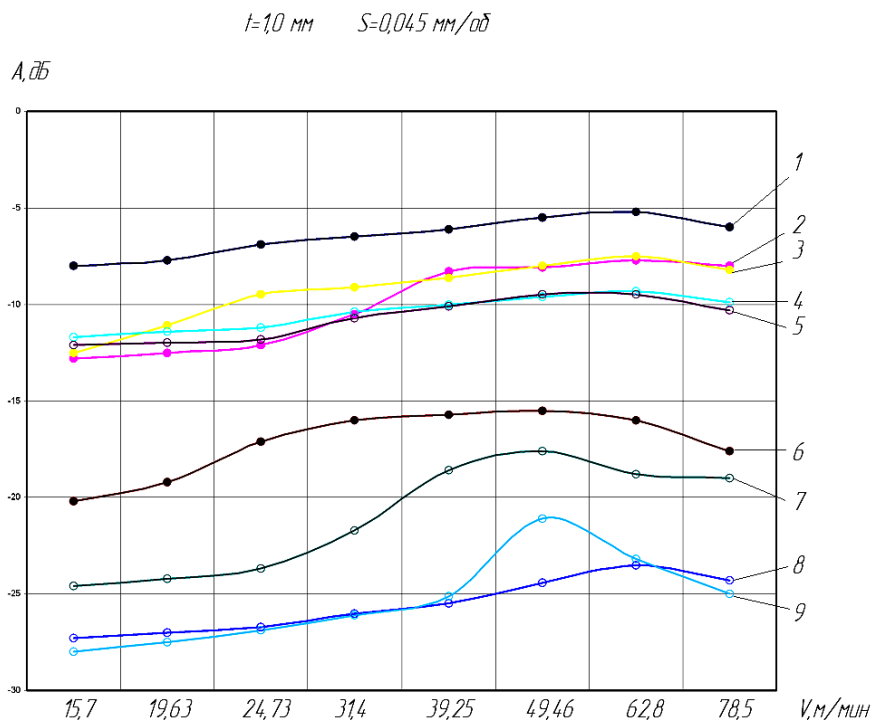


Рис. 7. График зависимости амплитуды колебаний от величины скорости резания V
 Примечание: график 1 соответствует конструкции без виброгасителя,
 графики 2 – 9 конструкциям виброгасителей.

Анализируя влияние виброгасителей (рис. 7) на процесс резания, приходим к выводу, что использование виброгасящих устройств с малым грузом не дало существенного уменьшения колебаний. Это связано с тем, что они обладают малой массой, а, следовательно и малой инерционностью, чтобы повлиять на процесс резания. Использование виброгасителей с большим грузом значительно помогло снизить вибрации, особенно эффективны оказались виброгасители 8 и 9, при ввинчивании их в резец снизу.

Исследование вибраций позволит выявить влияние колебаний на процесс механической обработки, установить закономерности их возникновения при различных режимах резания. Также это позволит найти эффективные и рациональные методы гашения вибраций, сделать процесс резания более стабильным, увеличить устойчивость всей системы СПИД, что повысит качество обрабатываемой поверхности, а, следовательно, скажется на качестве изготавливаемых деталей.

Литература

1. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

2. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Рекомендации для пользователей систем диагностики / А.В. Барков, А. Ю. Азовцев. – СПб.: СПбГМТУ, 2000.

КРАТКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР И АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

А.А. Ермолаева

*Научный руководитель В.А. Ларин, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Актуальность.

В соответствии со Словарем APICS (American Production and Inventory Control Society), термин ERP-система (Enterprise Resource Planning - Управление ресурсами предприятия) может употребляться в двух значениях. Во-первых, это - информационная система для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов. Во-вторых, это - методология эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства, дистрибуции и оказания услуг [2].

ERP-система интегрирует все отделы и функции компании в единую информационную систему, которая обслуживает специфичные нужды отдельных подразделений. С помощью системы осуществляется автоматизация и оптимизация процедур, образующих бизнес-процессы (прием, планирование и выполнение заказа; взаимодействие с имеющимися и потенциальными клиентами; ведение финансовой отчетности и т.д.) предприятия. После внедрения ERP-системы в компании существенно снижается объем бумажного документооборота, повышается прозрачность всех бизнес-процессов, информация становится более доступной и удобной для работы. Помимо автоматизации бизнес-процессов внедрение ERP-системы повышает взаимную ответственность друг перед другом всех функциональных подразделений компании, способствует повышению дисциплинированности сотрудников организации. Таким образом, исследования характеристик ERP-систем, критериев их отбора и внедрения являются актуальными для различных типов предприятий. Поэтому целью данной работы является информационный поиск, краткий обзор и анализ систем автоматизированного управления предприятием.

Обзор российского рынка ERP-систем за 2008 г.

На российском рынке ERP-систем присутствует множество поставщиков: как зарубежных, так и отечественных. По оценкам специалистов большую часть отечественного рынка (свыше 48%) занимает компания SAP AG (Германия), следом за ним идут продукты Microsoft Business Solution (США) с долей около 13%, а замыкает тройку лидеров компания Oracle (США), занимающая чуть больше 11% российского рынка ERP-систем. Решения Oracle и SAP являются мировыми лидерами систем управления предприятием. Продукты обоих поставщиков относятся к классу крупных интегрированных информационных систем и обладают широкой функциональностью, позволяющей удовлетворить потребности бизнеса практически в любой отрасли. Тем не менее, высокая стоимость лицензий, консалтинговых услуг и поддержки решений Oracle и SAP нередко являются ключевой проблемой при выборе ERP-системы. По этой причине предпочтение часто отдается другим поставщикам.

Основные зарубежные ERP-системы, представленные на российском рынке:

✓ SAP R/3. Производитель: SAP AG (Германия). Сфера применения: оборонные предприятия, компании нефтегазового комплекса, металлургия, энергетика, телекоммуникации, банковский сектор. Срок внедрения: 1-5 лет и более. Стоимость: лицензия на 50 рабочих мест стоит около \$350 тыс. Стоимость внедрения может в несколько раз превышать стоимость решения. Примеры внедрения в России: Омский НПЗ, Ярославский НПЗ, «Сургутнефтегаз», «ЕвразХолдинг» [1].

✓ Oracle Applications. Производитель: Oracle (США). Сфера применения: тяжелая промышленность (преимущественно металлургия), телекоммуникационные компании, финансовый сектор, химическая промышленность. Срок внедрения: 1-5 лет и более. Стоимость решения на одно рабочее место составляет около \$5 тыс. Полная стоимость существенно зависит от требуемой функциональности и сложности внедрения. Примеры внедрения в России: «Объединенная металлургическая компания», Магнитогорский металлургический комбинат, Северо-Западный Телеком", "ВымпелКом", "ЕвроХим", «Связьинвест» [1].

✓ IFS Application. Производитель: IFS (Швеция). Сфера применения: предприятия машиностроительного комплекса, энергетика, пищевая промышленность, фармацевтика, кабельная промышленность. Срок внедрения: 0,8-3 года и более. Полная стоимость внедрения может достигать \$250 тыс. и более. Также существенно зависит от требуемой функциональности. Примеры внедрения в России: АЗР Автомобиль, Импэксбанк,

Oriflame, Подольсккабель, Новокузнецкий водоканал, "Русский алюминий" [1].

✓ Ваан ERP. Производитель: SSA Global (США). Сфера применения: автомобилестроение, химическая промышленность, фармацевтика, пищевая промышленность. Срок внедрения: 6-18 мес. и более. Стоимость одного рабочего места - \$3 тыс. Соотношение цены решения и расходов на внедрение 1:1-1:3. Примеры внедрения в России: "Элара", "УМПО", "УралАЗ", "Балтийский завод", "КАМАЗ", "Завод им. Дегтярева"[1].

✓ MBS Ахapta, Navision. Производитель: Microsoft (США). Сфера применения: предприятия нефтяной отрасли, пищевой промышленности, торговые компании, металлургия, дистрибуция, телекоммуникационная отрасль. Срок внедрения: 6 – 24 мес. и более. В среднем стоимость решения на одно рабочее место - \$3,5 тыс. Стоимость внедрения составляет 100-250% стоимости решения. Примеры внедрения в России: Останкинский молочный комбинат, «Ростелеком», "Краски ТЕКС", Московский завод "Кристалл", книжная сеть «Буквоед», «Феликс», аэропорт «Кольцово» [1].

Основными крупными отечественными разработчиками ERP-систем можно считать корпорации «Галактика» и «Парус» с одноименными продуктами, КИС «АС+» от консалтинговой группы «Борлас», а также «1С: Предприятие 8.0. Управление производственным предприятием». К более мелким относятся решения «Эталон» (компания «Цефей»), БОСС («Ай-Ти»), Флагман («Инфософт») и другие. Корпорация «Галактика» имеет множество внедрений различного масштаба, занимая четвертое место на рынке с долей в 7%. К плюсам «Галактики» можно отнести достаточно глубокую интегрированность и четкую поддержку законодательной базы, а также легкую настройку печатных форм. Решение корпорации «Парус» во многом похоже на «Галактику». Корпорация имеет достаточно большое количество проектов на промышленных предприятиях России. Сильны позиции корпорации в бюджетных организациях и энергетических компаниях.

Основные ERP-системы российского производства:

✓ "Галактика". Производитель: Корпорация Галактика. Сфера применения: нефтегазовая отрасль, машиностроение, химия, энергетика, металлургия и др. Срок внедрения: 4 мес. – 1,5 года и более. Стоимость: лицензия \$350-1200 на одно рабочее место. Стоимость внедрения составляет 50-100% этой суммы. Примеры внедрения: "Почта России", "Отечественные лекарства", Чеховский завод энергетического машиностроения, Оренбурггазпром, "Транснефть" [1].

✓ "Парус". Производитель: Корпорация Парус. Сфера применения: машиностроение, нефтегазовые компании, предприятия энергетической отрасли. Срок внедрения: 4 мес. – 1 год и более. Стоимость лицензии на одно рабочее место \$1-2 тыс. Стоимость внедрения 100-200% цены решения. Примеры внедрения: "Пензаэнерго", "НАСТА", «Татойл-Сервис», Сибирский берег", Рязанский нефтеперерабатывающий завод [1].

✓ "1С: Предприятие 8.0. Управление производственным предприятием". Производитель: Корпорация 1С. Сфера применения: машиностроение, пищевая промышленность и др. Срок внедрения: 3-9 мес. и более. Стоимость: лицензия на одно рабочее место \$150-600. Стоимость внедрения на одно рабочее место \$200-1000. Примеры внедрения: "Торжокский вагоностроительный завод", "Цветлит", "Плитпром", "Карельский окатыш", "Остров", "НИИЭФА-ЭНЕРГО" [1].

✓ КИС "АС+". Производитель: "Борлас". Сфера применения: энергетика, телеком, химическая, пищевая промышленность и др. Срок внедрения: 6-12 мес. и более. Стоимость: лицензия на один функциональный модуль (без учета рабочих мест) от \$15 тыс. до \$100 тыс. Стоимость внедрения 100%-200% стоимости лицензий. Примеры внедрения: "Лакокраска", "Балаковорезинотехника", страховая компания "Россия", ЦОД АСКУЭПР города Москвы, "Мостеплоэнерго" [1].

Таким образом, в настоящее время в машиностроительной отрасли России наиважнейшей является задача повышения эффективности управления бизнес-процессами предприятий. Сегодняшний рынок предъявляет к ним все более жесткие конкурентные условия и требует от них снижения цен на продукцию, сокращения сроков поставки, повышения качества продукции, обеспечения высокого уровня сервиса. Для того чтобы выполнять эти требования рынка и оставаться конкурентоспособными, предприятия вынуждены снижать прямые и косвенные затраты, сокращать запасы и уровень незавершенного производства, сокращать длительность производственных циклов и повышать эффективность бизнес-процессов. Достижение указанных целей требует использования предприятиями эффективных автоматизированных систем управления.

Формирование системы управления машиностроительного предприятия является достаточно сложной процедурой. Это связано как со сложностью машиностроительной продукции, так и со сложностью бизнес-процессов машиностроительного предприятия. Решение такой стратегически важной задачи возможно только при качественном информационном обеспечении всех бизнес-процессов, начиная от формирования операционной стратегии предприятия, кончая решением всех организацион-

ных и технических вопросов. Привлечение к этому процессу квалифицированных кадров и использование опыта, накопленного компаниями-поставщиками ИТ-систем поможет максимально снизить риски и в разумные сроки позволит создать эффективную автоматизированную систему управления предприятием.

Литература

1. Игнатов С. Сравниваем ERP по ключевым характеристикам. ERP системы SAP, Ахapta, Navision, 1С и другие. <http://www.erpnews.ru>
2. <http://www.erp-online.ru>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ВОЗБУЖДЕНИЮ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ

Д.А. Колесниченко

Научный руководитель: Е.В. Несговоров, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Использование асинхронной машины с короткозамкнутым ротором в силу ее дешевизны, простоты конструкции и малых требований по обслуживанию экономически оправдано. Такие машины используются в качестве двигателей, а также генераторов в автономных энергоустановках и установках, работающих параллельно с сетью. Однако асинхронная машина потребляет реактивную энергию из сети как в двигательном, так и в генераторном режимах. При работе в автономных агрегатах параметры выходных напряжения и частоты зависят от скорости вращения и характера нагрузки.

Ввиду широкого распространения этого типа машин, а также в силу развития полупроводниковой техники и ее применения в преобразователях частоты, становится актуальным вопрос о рекуперации энергии. Так же рекуперация актуальна при использовании асинхронной машины в качестве тягового двигателя в приводе гибридного автомобиля. Такая машина для автомобиля даст широкие возможности регулирования по заданным законам при помощи преобразователя частоты.

При рекуперации асинхронная машина работает в генераторном режиме, что, в частности, требует применения конденсаторной батареи в качестве источника реактивной энергии.

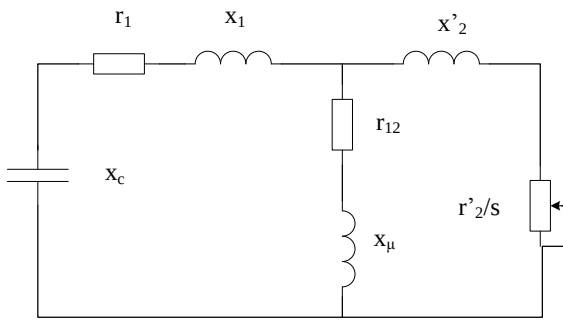


Рис. 1

Для статических режимов асинхронного генератора используем схему замещения, представленную на рис.1 [1]. Как видно из рисунка, для нормальной работы в генераторном режиме необходимо, чтобы реактивная мощность конденсатора была равна реактивной мощности генератора[1]:

$$Q_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

Уравнения динамики, описывающие процесс самовозбуждения при изменении величины емкости конденсатора, а также при изменении скорости вращения, достаточно громоздки. При отсутствии аналитического описания кривой намагничивания, определяющей величину индуктивности намагничивающей цепи, решение для мгновенных значений переменных недоступно, при питании асинхронной машины от преобразователя частоты также затруднено описание нестационарных процессов. Определение величины емкости также встречает определенные трудности.

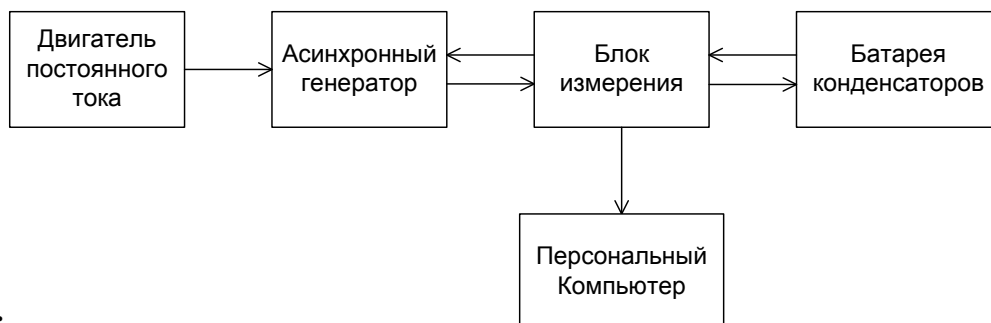
Эти причины побуждают проводить экспериментальные исследования с целью получения достаточно достоверных данных, которые, в свою очередь, могут быть экстраполированы на машины с другими характеристиками.

Ниже приведены результаты экспериментов для машины 4А90В4У3 со следующими параметрами:

$$P_{2H} = 2200 \text{ Вт} \quad I_H = 5,02 \text{ А} \quad \eta = 0,8 \quad \cos \varphi = 0,83 \quad X_\mu = 92,03 \text{ Ом}$$

$$X_1 = 3,218 \text{ Ом} \quad X''_2 = 5,697 \text{ Ом} \quad R_1 = 4,15 \text{ Ом} \quad R''_2 = 2,629 \text{ Ом} \quad C_1 = 1,035$$

Испытания проводились на стенде, функциональная схема которого представлена на рис. 2



:

Рис. 2

В первом случае во время установившейся скорости вращения вала ступенчато изменялась величина емкости генератора, механически соединенного с двигателем постоянного тока. Во втором случае: скачком набрасывалось напряжение на якорь приводного двигателя, с батареей емкостей, подключенной к генератору.

Ниже приведены графики тока и напряжения генератора во время переходных процессов.

На рис. 3 и 4 представлены кривые напряжения и тока при изменении величины емкости возбуждения и постоянной скорости вращения. В свою очередь, на рис. 5 и 6 показаны кривые изменения величин напряжения и тока при “набросе” скорости. Из графиков видим, что форма напряжения и тока близка к синусоидальной. Качания системы объясняются нестабильностью скорости вращения, что порождено работой приводного механизма – двигателя постоянного тока.

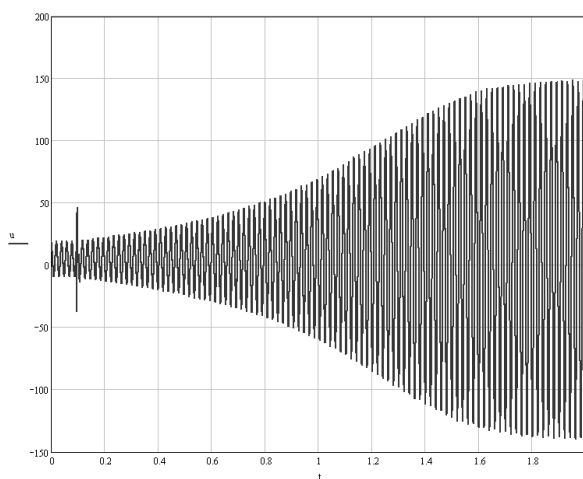


Рис. 3

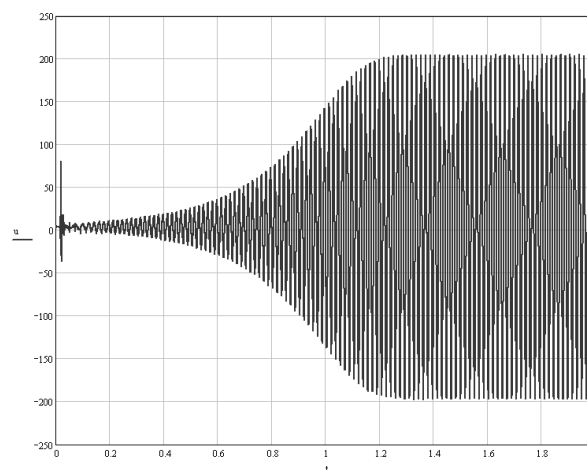


Рис. 5

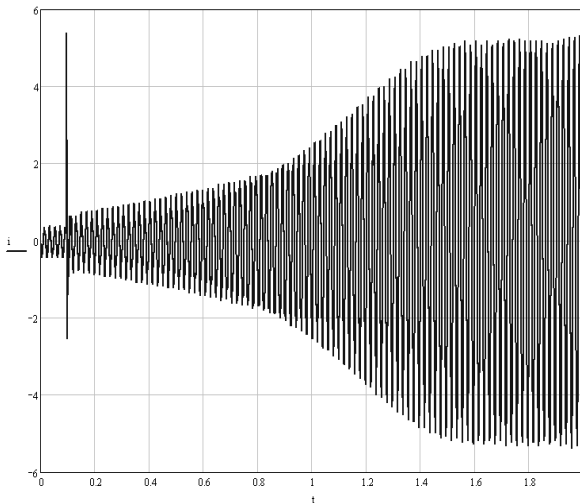


Рис. 4

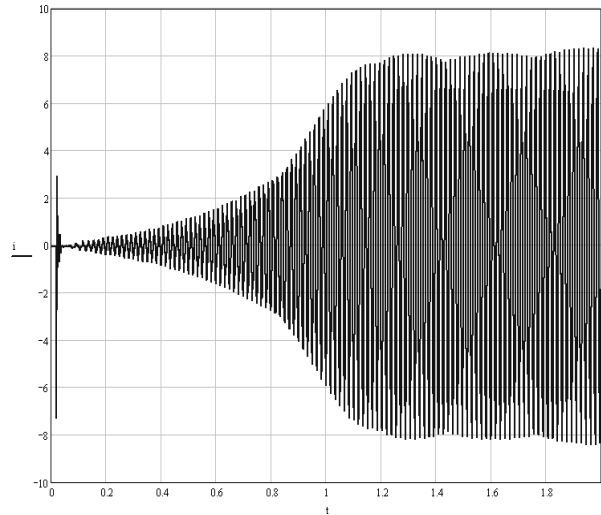


Рис. 6

Ниже приведены графики процессов рекуперации энергии генератора при работе асинхронного двигателя от инвертора. Для этого скачкообразно изменялось задание частоты в сторону уменьшения. Для возможности наблюдения и фиксации процесса рекуперации, связанного с ростом напряжения и тока, в силу существования ряда защит, предусмотренных производителем инвертора, в частности, по низкому и высокому напряжению, предварительно снижалось значение напряжения в звене постоянного тока. На рисунках 7 и 8 представлен процесс возбуждения, где можно наблюдать увеличение напряжения и рост тока.

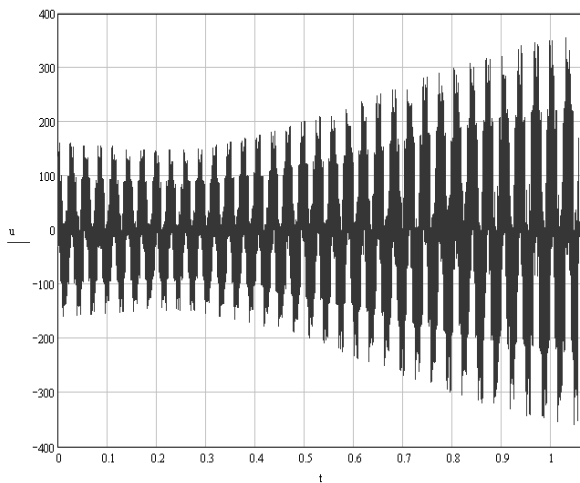


Рис. 7

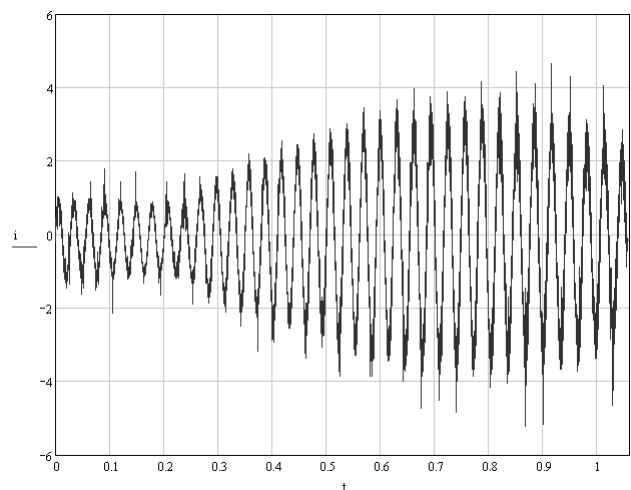


Рис. 8

Эксперименты проведены с помощью системы сбора данных Lcard E-154 и при использовании программного обеспечения LGraph2. В качестве преобразователей реальных величин в величины, используемые в изделии Lcard E-154, применялись датчики тока и напряжения фирмы LEM.

Программное обеспечение LGraph2 дает ряд преимуществ, в ряду которых преобразование файлов, создаваемых при записи эксперимента в формат, который может быть прочтен любым математическим пакетом с целью дальнейшей обработки и совершения математических операций над снятыми данными.

Технические характеристики платы сбора данных Lcard E-154:

1. Максимальная частота сбора данных – 120 кГц.
2. Число аналоговых входов – 8.
3. Число цифровых входов/выходов – 8/8, соответственно.

При эксперименте использовались два аналоговых канала измерения по току и напряжению для увеличения частоты сбора данных. В дальнейшем данные записывались и переконвертировались в программе LGraph2 и обрабатывались математическим пакетом.

Литература

1. Копылов, И.П. Электрические машины: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. / И.П. Копылов. – М.: Высш.шк.; Логос, 2000. – 607 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.
3. Кравчик А.Э. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504с.

МОБИЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ МОЙКА И МОБИЛЬНЫЙ ШИНОМОНТАЖ – ИННОВАЦИИ В ТРАДИЦИОННЫХ ВИДАХ БИЗНЕСА

Н.А. Кузнецов

Научный руководитель **О.Н. Пикалев**, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Количество автомобилей в стране растет с каждым днем. Автomoйка и шиномонтаж - одни из наиболее доходных и востребованных направлений на рынке автомобильного сервиса. К тому же довольно "низкий" старт - крупных капиталовложений здесь не требуется, что делает бизнес все более распространенным. Основным минусом шиномонтажа является ярко выраженная сезонность. Большая доля заказов стационарных

пунктов шиномонтажа приходится на конец осени и начало весны. Основным минусом автомойки является слишком большая конкуренция.

Преодолеть эти сложности поможет мобильность.

Инновационность предлагаемого проекта заключается в разработке и производстве мобильных автономных моек и передвижного шиномонтажа. Данное направление развития стационарных видов услуг создаст совершенно новый вид бизнеса и даст возможность развиваться существующему. Основными плюсами являются мобильность – возможность перемещения и функционирования без жесткой привязки к какому-либо месту, экологическая безопасность за счет сбора загрязненной воды в процессе мойки автомобиля на специальном поддоне и ее дальнейшей утилизации, необходимость наименьших капиталовложений при организации – относительно низкая стоимость и доступность, более упрощенная по сравнению со стационарными станциями система согласования с государственными органами.

Мобильные автономные мойки представляют собой комплекс современного профессионального моечного и специального оборудования, смонтированного на базе цельнометаллического фургона автомобиля "Газель". Многофункциональный мобильный автомоечный комплекс может быть оборудован всем необходимым для проведения различных видов мойки, начиная от бесконтактной мойки легкового автомобиля и заканчивая мойкой торговых павильонов, щитовой рекламы, фасадов зданий.

В состав комплекса в зависимости от комплектаций могут входить электрогенератор, аппарат высокого давления, водопылесос, надувной поддон, надувной ангар, другое вспомогательное оборудование. Все это размещается в автофургоне. Особенностью данной мобильной автономной мойки является то, что на месте проведения мойки автомобиля не остается никакой грязи.

Процедура мойки автомобиля выглядит следующим образом: автомобиль заезжает на эластичный поддон с надувными бортами. Вода в процессе мойки скапливается в поддоне. Затем вода специальным насосом откачивается в емкость загрязненной воды, расположенную в автофургоне.

В состав всех вариантов комплектации входит следующее базовое оборудование, размещаемое в автофургоне:

- Емкости чистой и загрязненной воды,
- Поддон с надувными бортами,
- Аппарат высокого давления (АВД),
- Электрогенератор,

- Электрокомпрессор,
- Дренажный насос.

В зависимости от целей и условий эксплуатации устанавливается следующее оборудование:

1. Автономный аппарат высокого давления Karcher HDS 801B (с подогревом воды)
2. Аппарат высокого давления Karcher HD 6/15 (без подогрева воды) с электроприводом
3. Поддон с надувными бортами 6000 мм х 3000 мм
4. Надувной ангар 6000 мм х 4200 мм
5. Вентилятор батутный
6. Установка глубокой очистки загрязненной воды
7. Емкость для чистой воды объемом 300 л
8. Емкость для загрязненной воды объемом 200 л
9. Емкость для оборотной воды объемом 120 л
10. Емкости для чистой и загрязненной воды объемом по 500 л - 2 шт.
11. Емкости для чистой и загрязненной воды объемом 1000 л - 2 шт
12. Бензогенератор 5,5 кВт
13. Бензогенератор 3,7 кВт
14. Компрессор производительностью 600 л/мин
15. Переключатель «Чистая-Оборотная вода»
16. Эл. удлинитель для насоса и компрессора
17. Дренажный насос
18. Циркуляционный насос
19. Тепловая пушка непрямого нагрева
20. Всасывающий воздушный патрубок
21. Электрический тепловентилятор для обогрева кузова автомобиля
22. Эл. лебедка
23. Транспортная фанера для пола толщиной 21мм
24. Фундамент бензогенератора
25. Фундамент аппарата высокого давления
26. Система выхлопа аппарата высокого давления и бензогенератора
27. Транспортировочная система надувного ангара с электроприводом
28. Аппарель для погрузки-выгрузки надувного ангара
29. Антинакипин Karcher RM 110 10 л
30. Электронный термометр
31. Электронная система управления установкой глубокой очистки ВОДЫ

32. Фильтры тонкой очистки воды

Комплектующие:

1. Воздушный компрессор. Давление 8 бар
2. Пылесос Karcher NT 27/1 Me
3. 2 переносных прожектора
4. Пенокомплект
5. Шланг HP Karcher 15 м с муфтой
6. Система удержания ангара в ветреную погоду

Наличие в составе системы очистки высокоэффективных механического и сорбционного фильтров позволяет использовать очищенную воду как для предварительной, так и для основной мойки автомобиля. Кроме того, очищенная вода может сливаться в рыбохозяйственные водоемы или в систему городской канализации. Средний ресурс загрузки фильтров до замены составляет 12-18 месяцев.

Показатели эффективности очистки воды

Основные ингредиенты	Показатели загрязненной воды	Показатели очищенной воды
	Концентрации, мг/л	
СПАВ	Не более 50	Не более 0,1
Нефтепродукты	Не более 50	Не более 0,05
Взвешенные вещества	Не более 800	Не более 10
Фенолы	Не более 1	Не более 0,001

Цена автомобиля Газель ГАЗ-2705-216 у официальных дилеров ОАО «ГАЗ» - 377 900 руб.

Цена автомобиля Газель ГАЗ-3302-216 у официальных дилеров ОАО «ГАЗ» - 357 300 руб.



Мобильный шиномонтаж так же является новой услугой на рынке шиномонтажа Вологодской области. Прежде всего, он ориентирован на ту категорию клиентов, кто нуждается в экстренной помощи (про-

кол/замена/ремонт колеса), а также кто ценит свое время. Специалисты прибывают на место максимально быстро и в удобное для клиента время.

Мобильный шиномонтаж так же основывается на базе автомобиля Газель, оборудованном всем необходимым для оказания целого комплекса услуг: системой отопления, полным комплектом электроприборов, в том числе тепловой завесой, бензогенератором (8 кВт), шиномонтажным оборудованием (станок сбор/разбор, балансировочный, компрессор, бормашина, инструмент и т. д.).

Стандартный набор услуг мобильного шиномонтажа:

1. Снятие и установка колеса
2. Демонтаж-Монтаж покрышки на диск
3. Балансировка колеса
4. Чистка колеса
5. Установка клапана (резиновый)
6. Очистка и смазка ступицы, шпилек/болтов
7. Проверка давления и подкачка колеса
8. Упаковка колес в пакеты
9. Ремонт камеры
10. Ремонт прокола бескамерной покрышки
11. Ремонт боковых порезов
12. Доставка и забор колес, сданных на хранение
13. Подбор, доставка и установка выбранных Клиентом шин и дисков.

В качестве дополнительных видов услуг возможно хранение сезонной резины после замены, покупка и доставка к месту поломки необходимого типа колес.

Оба представленных вида мобильных услуг могут быть единственным направлением деятельности организации, либо быть представлены как дополнительные услуги.

Мобильность – новая идеология и эффективная политика предпринимательства. Подвижный бизнес может быстро оказаться там, где он нужен. Добавляя мобильность стационарным привычным видам услуг, открывается возможность для развития существующего автобизнеса, а также новые пути борьбы с конкуренцией. Таким образом, внедрение инноваций в традиционные виды автомобильного бизнеса стимулирует их развитие и создает благоприятную почву для создания новых видов.

КРАТКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ

ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Н.В. Малышева

Научный руководитель В.А. Ларин, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

1. Актуальность

Product Lifecycle Management (PLM) - это управление жизненным циклом (ЖЦ) изделия, представляющее собой набор решений, которые обеспечивают совместное создание, управление, распространение и использование информации, интегрирующей все бизнес-процессы предприятия. Для обеспечения возможности управления этой информацией всеми участниками бизнес-процессов в последнее время появились и активно разрабатываются компьютерные системы, обеспечивающие комплексную поддержку всех этапов жизненного цикла изделия на основе концепции PLM. Внедрение PLM-технологий обеспечивает поддержку единого информационного пространства (ЕИП), содержащего полное электронное описание всей информации о продукте, которая создается на всем протяжении жизненного цикла изделия (ЖЦИ). ЕИП позволяет реализовать совместную работу всех специалистов, имеющих отношение к данному проекту. Таким образом, PLM-система дает возможность осуществить переход к принципу CPC (Collaborative Product Commerce), что означает совместную разработку, производство и реализацию продукции. В связи с тенденцией постепенного отказа от бумажной документации и перехода к полному электронному описанию изделий EPD (Electronic Product Definition) внедрение PLM технологий на сегодняшний день объективно является центральным звеном автоматизации бизнес-процессов промышленного производства в нашей стране, его выхода на мировой уровень. PLM-система позволяет компании управлять продуктами, начиная от стадии выработки концепции и заканчивая изъятием из эксплуатации.

2. Обзор российского рынка PLM-систем

Борьба за отечественный рынок PLM-систем пока разворачивается главным образом только между американскими и отечественными компаниями. Зарубежные компании, активно работающие на российском рынке:

- ✓ **IBM/Dassault Systems**, при наличие в ее портфеле двух решений
- **ENOVIA** и **SmarTeam**, предлагает на нашем рынке в основном про-

граммное обеспечение SmarTeam, которая позиционируется как универсальная PLM-система для небольших и средних предприятий, в то время как ENOVIA - это в первую очередь решение для крупного авиационного и автомобильного производства. Система SmarTeam получила широкое распространение в нашей стране не в последнюю очередь благодаря наличию интерфейсов к широкому спектру САПР, большому набору функциональных возможностей в базовой поставке и более простому (по сравнению с другими зарубежными системами) внедрению. К тому же это решение обеспечивает интеграцию с САПР CATIA.

✓ **PTC** представлена двумя линейками программного обеспечения - **Pro/Intralink**, позиционирующегося как расширение по управлению данными для САПР Pro/Engineer в масштабе рабочих групп, и **Windchill** (семейство программного обеспечения Windchill включает следующие компоненты: Windchill ProjectLink, Windchill PartsLink, Windchill DynamicDesignLink, Windchill PDMLink, Windchill Supplier Collaboration), представляющего собой универсальное решение корпоративного уровня. Наибольший интерес в решении на базе Windchill представляют его Web-ориентированная идеология, гибкость и возможность строить на одном ядре различные прикладные системы. К сожалению, настройка системы под конкретного пользователя сопряжена с большим объемом программирования. Но для предприятий, использующих в качестве базовой САПР программы PTC, ПО Pro/Intralink или Windchill будет хорошим выбором.

✓ **UGS PLM Solutions** предлагает свои решения - **TeamCenter Engineering** (PDM(Product Data Management) — система управления данными об изделии -решение для управления инженерными данными, ранее известное как iMAN) и **TeamCenter Enterprise** (решение корпоративного уровня, в прошлом известное как SDRС Metaphase). TeamCenter Engineering можно порекомендовать предприятиям, использующим в качестве базовой САПР Unigraphics. Адаптация TeamCenter Engineering под задачи конкретного предприятия тоже требует большого объема программирования.

Довольно странно, что на отечественном рынке практически не представлены такие входящие в группу лидеров на мировом рынке компании, как **Agile Software**, **MatrixOne** и др.

Отечественные компании на рынке систем PLM:

✓ **CSoft** представляет сразу два продукта: **TechnologiCS**, в первую очередь ориентированный на решение задач технологической подготовки производства и управления производством, и **TDMS** -универсальную систему, предназначенную для управления технической документацией.

Интересным расширением TDMS является модуль для извлечения текстовых полей из отсканированных документов, который может быть полезен при массовом сканировании архивной документации. Для TDMS пока имеется только интерфейс к AutoCAD, но разработчики предлагают создать модули интеграции и для других систем. TDMS — довольно новая система, по некоторым возможностям пока уступающая конкурентам, но она активно продвигается CSoft как один из компонентов линейки программного обеспечения под торговой маркой CS.

✓ **SolidWorks-Russia (SWR)**, российский партнер компании SolidWorks, предлагает систему **SWR-PDM**, разработанную в качестве PDM-расширения для САПР SolidWorks. По функциональным возможностям SWR-PDM в настоящее время несколько уступает другим отечественным системам, но интеграция с SolidWorks позволяет рассматривать ее в качестве хранилища файлов SolidWorks. Однако применение в качестве СУБД не очень популярной в нашей стране Cache вызывает сомнения в перспективах широкого распространения **SWR-PDM**.

✓ Компания **АСКОН**, ранее предлагавшая файл-серверную систему Компас-Менеджер, в настоящее время активно продвигает свою новую разработку — PLM-систему **Лоцман:PLM**. Система позиционируется как универсальная, поскольку имеются интерфейсы к нескольким САПР, но в первую очередь ее рекомендуется использовать в интеграции с другими программами компании Аскон. В качестве одного из компонентов решения поставляются справочник стандартных изделий и классификатор ЕСКД.

✓ Белорусская компания **Интермех**, известная также как ведущий разработчик модулей расширения для САПР (в первую очередь для AutoCAD), уже много лет поставляет систему **Search**, в последних своих версиях сочетающую возможности TDM/PDM/Workflow и интеграцию с модулем управления проектами и календарного планирования ImProject. Существенным плюсом применения Search в машиностроении является наличие библиотеки стандартных изделий ImBase. Все разработки компании Интермех тесно связаны между собой, поэтому наибольшую эффективность от внедрения Search можно получить при их использовании в рамках комплексного решения на базе продукции Интермех.

✓ Фирма **«Лотсия Софт»**, специализирующаяся на разработке систем PDM/TDM/Workflow/ERP, является разработчиком системы **Lotsia PDM PLUS** (также известной как **PartY PLUS**). Lotsia PDM PLUS с самого начала была ориентирована на интеграцию с различными САПР и на поддержку работы в территориально распределенном режиме. Это, вероятно, самое гибкое из представленных на рынке решений. В ком-

плекте поставки системы имеются готовые шаблоны настроек для различных отраслей, поддерживается работа как по ЕСКД, так и по СПДС.

✓ **НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика»**, более известный своими работами в области стандартизации, предлагает базирующуюся на стандарте STEP (ISO 10303) систему **PDM STEP Suite (PSS)**, предназначенную в первую очередь для хранения информации о продукции, представленной в формате STEP. И хотя она уступает другим системам по функциональности Workflow и интеграции с САПР, но для предприятий, где идет активный обмен информацией с использованием формата STEP, система PDM STEP Suite может представлять интерес.

✓ Компания **«Топ Системы»**, разработчик комплекса САПР на основе параметрической САПР T-Flex CAD, представляет систему **T-Flex DOCs** (кстати, ее ведущие разработчики тоже трудятся в белорусском подразделении компании). T-Flex DOCs в первую очередь ориентирована на интеграцию с разработками компании «Топ Системы» (САПР T-Flex CAD), но может использоваться и для решения других задач, в том числе для организации офисного документооборота.

На рынке есть еще ряд систем, позиционирующихся в данном сегменте рынка (Omega Production, СПРУТ, НАВИГАТОР-СП и др.), но сколько-нибудь существенного влияния на ситуацию они не оказывают.

3. Сильные и слабые стороны отечественных и зарубежных систем

Если оценивать зарубежные системы в целом, то их слабые стороны в плане борьбы за отечественный рынок очевидны:

- довольно высокая стоимость лицензий (2-3 тыс. долл. за лицензию), внедрения и сопровождения;
- отсутствие полноценной локализации и поддержки стандартов;
- почти полное отсутствие интеграции с отечественными конструкторскими и технологическими САПР;
- ограниченное число технических специалистов в локальных офисах;
- сложность кастомизации (требуется большой объем программирования на C++ или на Java).

Но и преимущества у зарубежных систем также имеются:

- немаловажным фактором для предприятий, работающих в рамках международной кооперации, является то, что эти системы широко распространены по всему миру и использование одной из них может быть прямым требованием контракта;
- лучшая интеграция с тяжелыми САПР;

- поддержка сертифицированных разработчиками систем ERP-интерфейсов;
- более стабильная работа, меньшее количество ошибок вследствие лучшего тестирования.

Слабые места отечественных разработок таковы:

- меньшая стабильность кода;
- худшая поддержка тяжелых САПР;
- малая распространенность систем за пределами СНГ (хотя некоторые отечественные компании имеют англоязычные версии своего ПО и поставляют его на зарубежные рынки, но объемы этих поставок невелики);
- в ряде случаев - более слабые функциональные возможности (в первую очередь в части Workflow) и худшая переносимость и масштабируемость.

Преимущества отечественных разработок:

- более низкая стоимость приобретения (300-1200 долл. за лицензию) и владения;
- поддержка отечественных стандартов (ЕСКД, СПДС);
- интеграция с САПР отечественной разработки;
- большая простота при внедрении и сопровождении.

Вывод

Итак, PLM - управление жизненным циклом продукции - представляет собой методологию комплексного применения современных информационных технологий для повышения конкурентоспособности промышленных предприятий, причем упор делается на управление данными об изделии. Применение PLM основано на использовании интегрированных моделей данных об изделии и бизнес-процессов предприятия. PLM предполагает новые методы работы с информацией об изделии, позволяя тесно увязать ее с процессами, обеспечивая одновременный доступ к данным различных категорий сотрудников, позволяя в полной мере реализовать принципы параллельного проектирования изделий.

Однозначного лидера на российском рынке PLM-систем в настоящее время нет. Каждая из систем имеет свои плюсы и минусы в зависимости от критериев выбора. И в ближайшее время соотношение сил на рынке кардинально измениться не должно, так как доработка функционала требует многих человеко-лет. Не ожидается и появления новых серьезных игроков, поскольку для разработки современной конкурентоспособной системы, помимо нескольких сотен тысяч долларов, потребуются команды квалифицированных постановщиков и разработчиков, а российский IT-рынок сейчас испытывает жесточайший кадровый дефицит. Все это будет так, если только рынком PLM/TDM/PDM/Workflow всерьез не заинтересуется компания «1С».

Литература

1. Колчин. А. Как сделать успешным внедрение PLM? А. Колчин, С. Сумароков, Т. Жабоев // Корпоративные электронные системы. («КЭЛС-центр»). <http://www.cels.ru>
2. Стародубов. В. Роль и место PLM в линейке ERP, CRM и SCM. <http://www.cio-world.ru/analytics/review/35177/page2.html>

ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ УГЛОВЫХ СТОЕК БЛОК-КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ СООРУЖЕНИЙ

П.В. Печерских

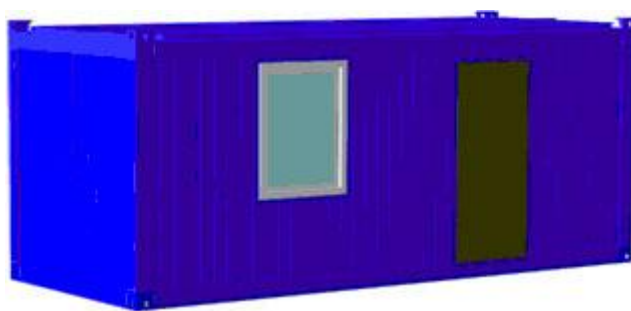
*Научный руководитель Б.А. Шкарин, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Малогабаритные модульные здания в строительной отрасли России появились сравнительно недавно. Они быстро завоевали большую популярность среди предприятий и компаний, для которых приоритетами являются сроки и качество возводимых сооружений. Как показывает практика, модульные сооружения строятся очень быстро (в течение месяца-двух), так как составляющие модули изготавливаются на заводе, а для создания сооружения остается лишь на месте смонтировать конструкцию и подвести коммуникации: электричество, воду, газ, канализацию. При этом земляные работы сведены к минимуму, а в некоторых случаях и вообще не требуются, и на закладку фундамента уходит мало времени и средств.

В качестве модуля широкое распространение получил, так называемый, блок-контейнер. Общий вид одного из вариантов такого блок-контейнера приведен на рис. 1, а на рис. 2 показана его разработанная трехмерная модель.



Рис. 1. Общий вид блок-контейнера



*Рис. 2. Трехмерная модель
блок-контейнера*

Блок-контейнер является универсальной модульной единицей, с помощью которой возводятся различные по площади и этажности сооружения.

Основные преимущества таких модульных сооружений:

- изготовление модульных зданий из блок-контейнеров (металлических бытовок, блок-модулей) обходится значительно дешевле, чем при традиционном строительстве;
- конструктивные особенности блок-контейнеров (металлических бытовок, блок модулей) позволяют собирать модульные здания до 3-х этажей высотой с неограниченным количеством отдельных помещений-комнат;
- все модульные здания, представленные на рынке продаж бытовок, можно полностью приспособить для постоянного проживания, так как в их состав входит электрическая проводка, электророзетки, системы подачи горячей и холодной воды, кухонное оборудование, сантехника (с туалетом и душевой кабиной), кондиционеры, защитные решетки на окнах;
- благодаря простой конструкции блок-контейнеров (металлических бытовок, блок-модулей), изготовление модульных зданий осуществляется быстро и не требует больших трудозатрат;
- модульные здания, представленные на рынке продаж бытовок, очень компактны, а конструктивные особенности блок-контейнеров (металлических бытовок, блок-модулей) позволяют возводить модульные здания в тесном окружении других зданий, что невозможно в традиционном строительстве;
- если возникнет необходимость изменить объем используемых площадей, модульные здания можно перестроить и увеличить либо уменьшить в соответствии с требованиями бизнеса.

Основу конструкции блок-контейнера составляют: панель основания, угловые стойки, панель покрытия и модульные стеновые панели. Причем важнейшим и наиболее ответственным узлом в конструкции является узел крепления угловых стоек с панелью перекрытия.

В настоящее время используются различные узлы креплений.

Известна конструкция, в которой горизонтально расположенные панели соединены стойками с крепежными элементами типа «шип-гнездо», установленными на торцах стоек (свидетельство на полезную модель RU №60553, МПК E04B1/343, 2007). Такая конструкция динамически устойчива, но не обладает мобильностью - возможностью быстрой разборки и повторной сборки.

Известно двухэтажное здание из совмещенных блок-контейнеров, в котором располагаются рамы верхнего и нижнего перекрытий и вертикальные стойки трубчатого сечения с жестко закрепленными на концах вкладышами с отверстиями, соосными отверстиям на раме, и с

размещенными в них стяжными элементами. При этом рамы перекрытия снабжены вертикальными соединительными элементами в виде разрезного стакана, повторяющего сечение стойки, а выполненный в виде диафрагмы торцевой вкладыш снабжен вертикальным расклинивающим элементом (патент на полезную модель RU №8713, МПК E04B1/348, 1998). Такая конструкция позволяет совмещать межэтажную панель, но она трудоемка в изготовлении и характеризуется низкой устойчивостью при динамических (ветровых, сейсмических) нагрузках.

Известна система соединения элементов пространственного каркаса здания, в которой соединение стойки и балки выполнено в виде сварной конструкции из двух уголков П-образного профиля, расположенных зеркально друг к другу, а угловое соединение стоек продольной и поперечной стен состоит из двух уголков П-образного профиля и двух уголков Г-образного профиля (патент на полезную модель RU №67127, МПК E04B1/58, 2007). Такая система соединения элементов пространственного каркаса здания характеризуется многообразием соединительных элементов, высокой трудоемкостью из-за наличия большого количества болтовых креплений.

Известен также узел этажного монтажа блок-контейнеров, включающий жесткие рамы верхнего и нижнего перекрытий и вертикальные стойки углового профиля, образующие четыре ловушки по углам каркаса за счет выведения вертикальной стойки выше перекрытия верхнего настила, а опорные элементы каркаса основания имеют скосы торцевых кромок и частично вырезанную нижнюю полку для соединения с ловушкой верхнего настила (патент на полезную модель RU №52031, МПК E04B1/343, 2006). К недостаткам этого технического решения относится дублирование межэтажного перекрытия верхним перекрытием нижней секции и нижним перекрытием верхней секции, а шпильное или болтовое соединение не обеспечивает достаточной герметичности и прочности соединения нижней и верхней секции.

Известно соединение каркаса межэтажной панели с угловыми стойками, заключающееся в том, что внутри фитингов каркаса панели приварены косынки с отверстиями, а стойки на концах имеют планку с выступающими концами, внутри которых закреплены косынки с отверстиями, расположенными соосно отверстиям косынок каркаса панели (патент на полезную модель RU №81507, МПК E04B1/343, 2009). Указанное соединение обеспечивает создание сборно-разборных зданий, но характеризуется относительно низкой надежностью соединения из-за возможных

деформаций косынок каркаса под действием статических и динамических нагрузок.

Целью разработки новой конструкции является повышение устойчивости мобильных сборно-разборных зданий с не менее чем двухэтажным образованием, и ускорение их монтажа за счет унификации конструкций соединительных элементов.

Указанная цель достигается тем, что расположенные в углах каркаса панели косынки соединены между собой по оси отверстий трубчатыми элементами, через которые осуществляют крепление каркасов панелей посредством болтов, проходящих через отверстия косынок стоек.

На рис. 3 и 4 показано предлагаемое соединение каркаса межэтажной панели со стойками с установкой полого трубчатого элемента между косынками каркаса панели.

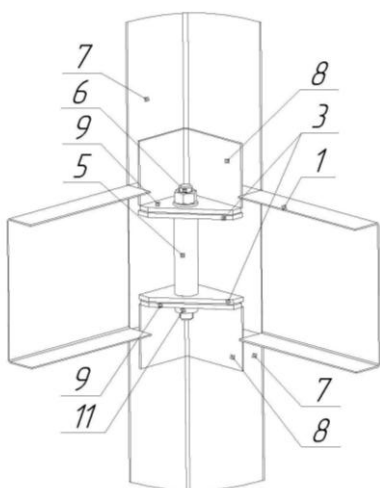


Рис. 3. Узел крепления в сборе

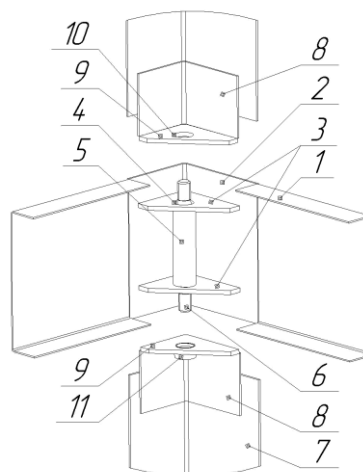


Рис. 4. Узел крепления в разобранном состоянии

Каркас межэтажной панели состоит из гнутого профиля 1, соединенного сваркой по углам с фитингами, изготовленными из профиля уголкового формы 2. Внутри фитингов установлены две косынки треугольной формы 3, в центре которых расположено отверстие 4, между косынками соосно отверстиям установлен трубчатый элемент 5. Для крепления стоек на косынках каркаса через отверстия 4 и трубчатый элемент 5 пропущена шпилька 6 с резьбовыми соединениями, концы которой выступают в направлении присоединяемых стоек. Стойка для крепления межэтажной панели состоит из профиля уголкового формы 7, на концах которого с внутренней стороны приварен уголок 8 так, что часть его выступает за пределы профиля 7. К выступам уголка 8 приварена треугольной формы косынка 9 с отверстием 10. К косынке 9 приварена резьбовая втулка 11, для крепления шпильки 6. Высота соединительного

выступа уголка 8 с косынкой 9 равна высоте между краем фитинга каркаса панели и установленной в нем косынке.

С целью определения рациональной конструкции узла крепления для заданных условий эксплуатации разработана методика напряженно-деформированного состояния элементов его конструкции. В качестве критерия оптимальности конструкции принимаются наименьшие затраты на ее изготовление. При этом рациональность конструкции определяется такими параметрами ее составляющих элементов, которые обеспечивают приближение к условию равнопрочности деталей конструкции в заданных условиях нагружения. Нахождение таких параметров деталей требует проведения имитационных экспериментов по определению напряженно-деформированного состояния конструкции. При этом процесс имитационных исследований является итерационным, то есть после расчета напряженно-деформированного состояния конструкции производится инженерный анализ, в результате чего принимается решение по изменению параметров составляющих деталей с целью достижения выбранного критерия оптимальности и проводится следующий имитационный эксперимент. Этот процесс заканчивается в том случае, когда найденные параметры будут удовлетворять заданному критерию.

Имитационные исследования напряженно-деформированного состояния узла крепления в автоматизированной системе инженерного анализа (например, в системе COSMOS Works) осуществляются в следующей последовательности:

- создается трехмерная компьютерная модель узла крепления (рис. 5а);
- назначаются свойства материалов деталям узла и устанавливаются их ограничения (закрепления платиков);
- задаются нагрузки, приложенные к деталям узла (распределенные нагрузки веса сооружения, снеговая и ветровая нагрузки) (рис. 5б);
- создается сетка конечных элементов (рис. 5в);
- выполняется расчет методом конечных элементов (рис. 5г);
- выполняется анализ распределения напряжений в элементах конструкции, на основании которого делаются выводы об изменении геометрии и значений параметров деталей узла;
- после изменения трехмерной модели в соответствии с анализом проводится следующий имитационный эксперимент.

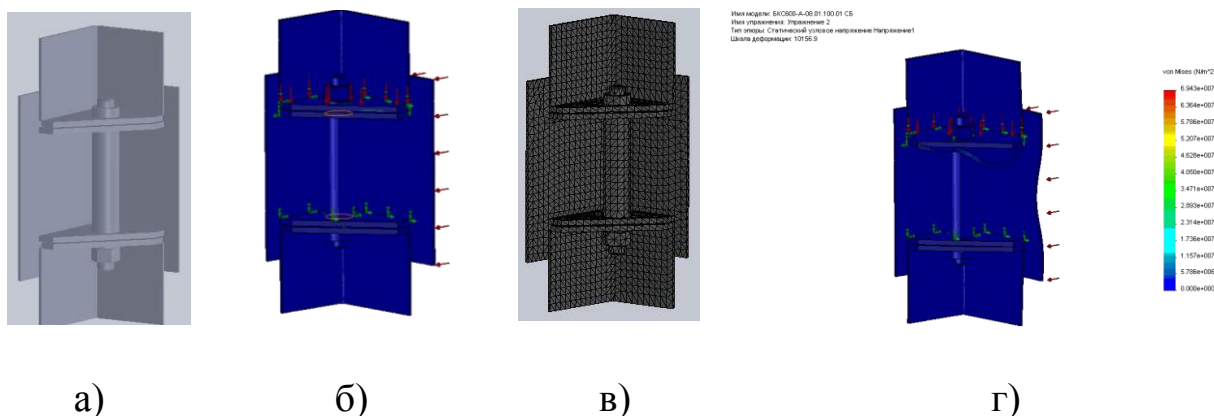


Рис. 5. Иллюстрация последовательности проведения имитационного эксперимента

Предложенная методика инженерного анализа позволяет установить рациональную геометрию и значения параметров деталей узла крепления угловых стоек блок-контейнера в конкретных условиях их эксплуатации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЛИСТОВ ШПОНА

С.А. Полиновский

Научный руководитель **Р.В. Дерягин**, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

В работе [4] было отмечено, что на удаление несвязанной влаги при сушке шпона затрачивается большое количество энергии [4]. Значительному сокращению потребления энергии по результатам опытов [3] способствует предварительное удаление несвязанной влаги (до подачи шпона в сушильный агрегат).

В настоящее время получен патент на изобретение способа подготовки древесного шпона к сушке [5]. В основе этого способа заложено создание градиента теплового поля между поверхностями шпона с прогревом его верхней пласти. Проверка основных предпосылок, положенных в основу изобретения, проводилась на специально сделанной установке. Ее конструкция представлена на рис. 1 – 5.

На раме установки 1 монтируются газоструйные пьезоэлектрические ультразвуковые излучатели 2 (потребляемая мощность 300 Вт), приваренные к ножу 3, приводятся в работу от генератора ультразвуковых

волн, подающее устройство 4 представляет собой 16-скоростной автоподатчик с возможностью регулирования скорости подачи в пределах 1-30м/мин. Нагревательный валец (ролик) 5 с ТЭНами 6 (их 2, каждый мощностью по 700 Вт), окружены теплоизолятором (асбест) 7.

В случае определения эффекта от инфракрасного излучения на установке монтируются инфракрасные лампы 8.

На установке возможно проведение экспериментальных работ по удалению свободной влаги из листов шпона.

Установка оснащена измерительными приборами: влагомер (индикатор влажности) и термометр (ртутный).

Работа на установке производится в следующем порядке: загрузка заготовки 9 в вальцы 5, либо загрузка между ножом 3 и верхним вальцом 5 (при этом нижний валец отсутствует), перемещение заготовки посредством обрезиненных вальцев автоподатчика 4 на необходимой скорости по столу 9.

При использовании инфракрасных ламп 8, шпон загружается на стол 9 установки, а затем перемещается автоподатчиком 4.



Рис. 1. Общий вид установки



Рис. 2. ТЭН, нагревательный ролик и стол установки



Рис. 3. Ультразвуковые излучатели и нож



Рис. 4. Инфракрасные лампы

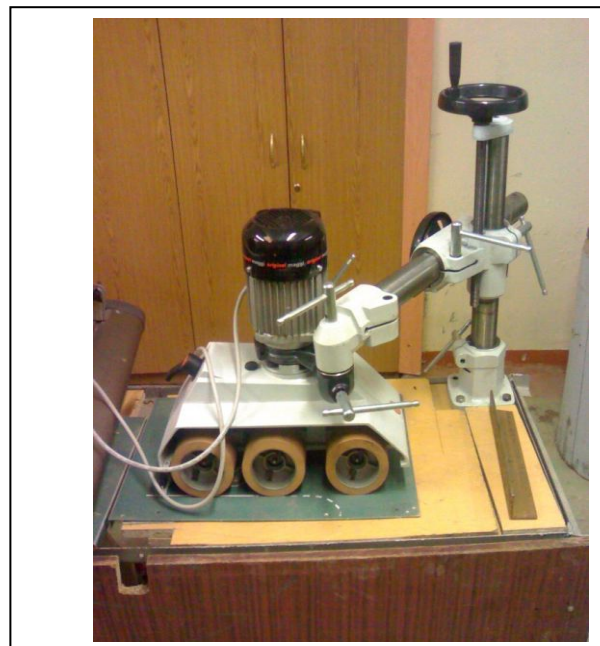


Рис. 5. подающее устройство

На экспериментальной установке возможно проведение экспериментов по удалению несвязанной влаги из листов шпона. Проведенные ранее исследования [3,4] подтверждают возможность удаления несвязанной влаги (до 25-30%) от начальной влажности шпона 90-95%.

Литература

1. Куликов В.А. Производство фанеры / В.А. Куликов – М.: Лесная промышленность, 1976. – 357с.
2. Селюгин Н.С. Сушка древесины / Н.С. Селюгин. – М.: Гослесбумиздат, 1949. – 535с.
3. Дерягин Р.В. Исследование условий, обеспечивающих предварительное удаление влаги из березового шпона. / Р.В. Дерягин, С.А. Полиновский, А.В. Коняхин // Материалы седьмой всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – С. 123-126.
4. Филатов А.А. Экспериментальные исследования условий предварительного удаления влаги при сушке березового шпона / А.А. Филатов, С.А. Полиновский, Е.А. Амосов // Материалы всероссийской научной конференции студентов и аспирантов. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – С. 174.
5. Патент на изобретение № 2369813 МПК F26B 7/00 / Способ подготовки древесного шпона к сушке / Дерягин Р.В., Фомичев А.А., Коняхин А.В., Филатов А.А., Амосов Е.А. // Опубликовано 10.10.2009 Бюл. № 28.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ ДВС ГИБРИДНОГО ПРИВОДА ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫХ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

В.А. Раков

Научный руководитель: И.К. Александров, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет,
г. Вологда

Для чего необходима система контроля и управления ДВС в составе гибридного привода?

Вопросы, связанные с эффективным использованием энергоресурсов, в последнее время становятся всё более актуальными. Совершенствование технологий в современном мире продиктовано спросом на их появление. Работы по снижению расхода топлива ДВС ведутся постоянно, это актуально так же в связи с тем, что предел совершенствования далеко не достигнут. Это наиболее заметно на транспортных средствах, эксплуатируемых в крупных городах. Известно, что большая часть мощности двигателя автомобиля расходуется на преодоление силы сопротивления воздуха. При эксплуатации в режиме частых разгонов, торможений, остановок наибольшие потери связаны с низкой экономичностью ДВС при недостаточной загрузке. Исследования показали очень низкую экономичность ДВС в городских условиях движения.

Современный ДВС обладает наибольшей экономичностью (КПД до 35% у бензиновых, 45 % у дизельных и до 55% при использовании турбонаддува) на режимах, близких к максимальному крутящему моменту, что составляет примерно 50-60% от максимально допустимых оборотов, однако при этом развивает лишь 40% своей пиковой мощности [1-2]. Это обуславливается тем, что при более высоких оборотах увеличиваются потери трения быстро движущихся частей. При более низком крутящем моменте (угле открытия дроссельной заслонки) экономичность падает из-за возникающих насосных потерь во впускном коллекторе. Более высокий крутящий момент достигается с помощью "обогащения горючей смеси", которое уменьшает экономичность.

На рис. 1. представлена внешняя скоростная характеристика двигателя ВАЗ-2111: видно, что максимальный КПД (примерно 32%) двигатель развивает в узком диапазоне скоростей 2000-3000 об/мин.

В городе Вологде с помощью разработанной нами методики [3] были проведены исследования по определению средней потребной мощно-

сти транспортного средства за период движения. На рис. 2. представлена диаграмма изменения частоты вращения вала ДВС при испытаниях.

При обработке данных эксперимента выявлено, что ДВС не менее 30% времени всей поездки не участвует в движении, т. е. автомобиль движется медленным накатом, происходит переключение передачи, торможение, автомобиль не движется или другой случай, когда ДВС работает, а сцепление или передача выключены, как следствие – коэффициент эффективности очень низкий.

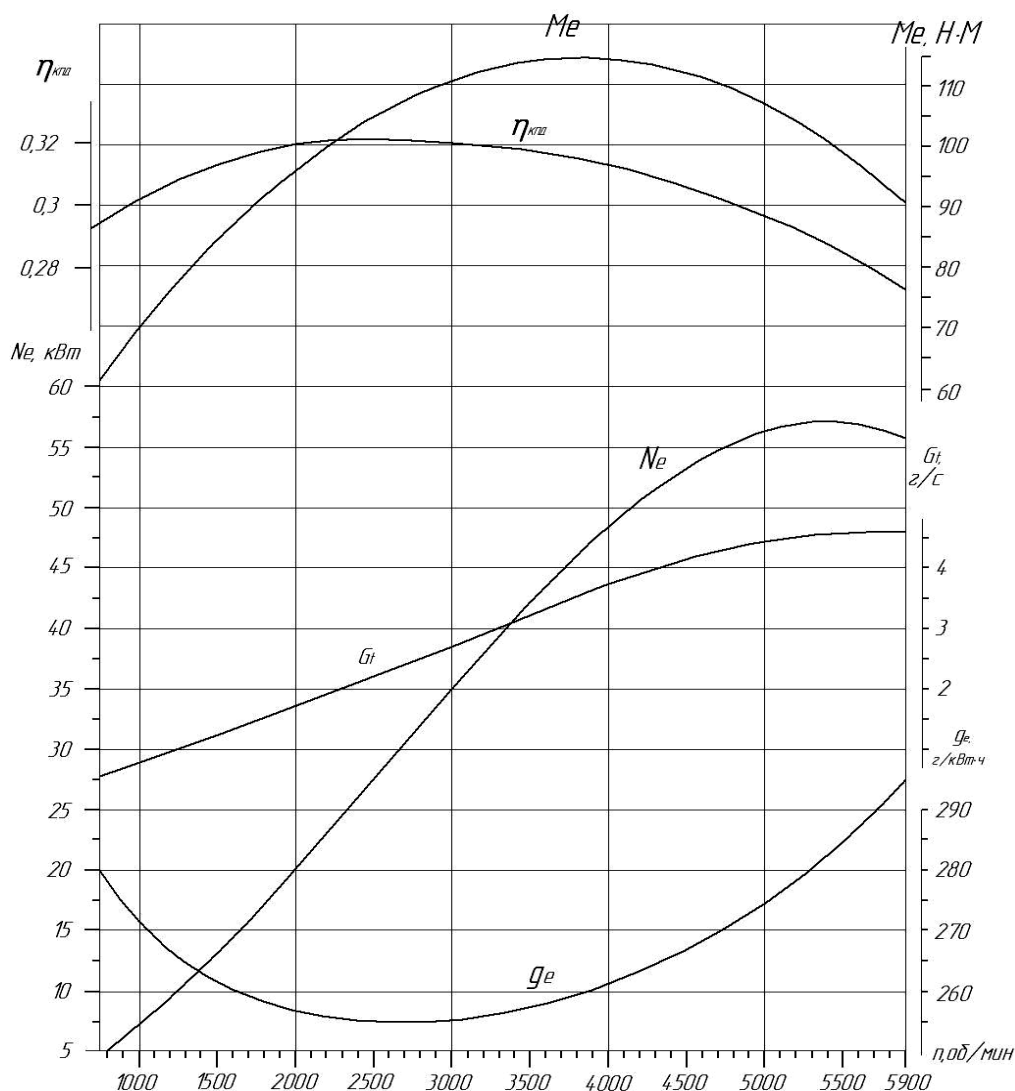


Рис. 1. Внешняя скоростная характеристика ДВС ВАЗ-2111

Среднее значение потребной мощности за все испытания автомобиля составило 6,53кВт.

Проведённые исследования и расчёты показывают, что ДВС может эффективно работать только на постоянных режимах, по внешней скоростной характеристике, в реальной городской эксплуатации загрузка со-

ставляет 10-15%, что ухудшает энергетическую эффективность энергоустановки примерно в 3 раза. Общий энергетический КПД в этом случае составляет лишь 10-12%.

Разработка гибридного привода для городского автомобиля является основной задачей. Точно неизвестно, как и сколько энергии потребляет автомобиль, какой тип гибридного привода является наиболее эффективным в условиях городского движения, как он должен работать?

Теория энергоэффективных гибридных систем до сих пор широко не изучалась, существует только методика тягового расчёта автомобилей с ДВС, которая не может отвечать современным требованиям, хотя потребность в этом существует.

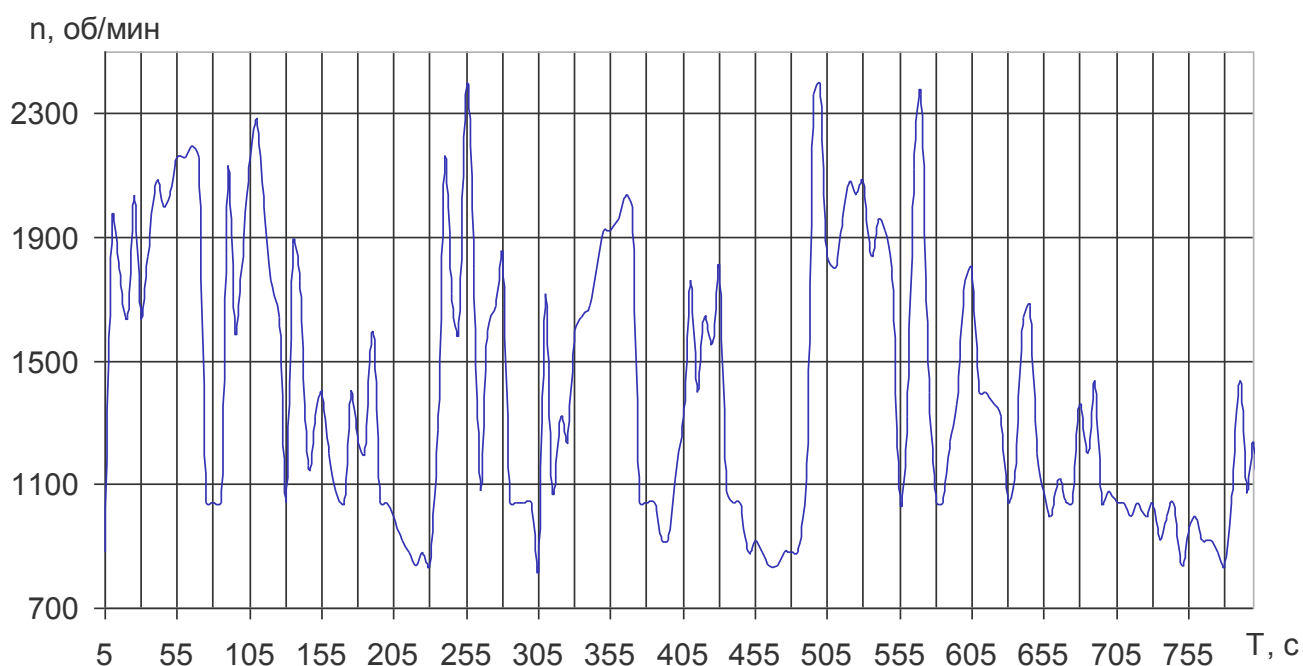


Рис. 2. Диаграмма изменения частоты вращения вала ДВС при испытаниях в городских условиях

Зачем нужна система управления гибридным приводом?

Сам по себе гибридный привод не сложен. Это может быть либо последовательная, либо параллельная схема передачи энергии. За поддержание устойчивой работы двигателя при максимальной экономичности, т.е. при полностью открытой дроссельной заслонке отвечает система контроля и управления нагрузкой (СКУН) ДВС.

Какова инновационная составляющая?

Группой специалистов по автомобильным двигателям, энергосбережению, тяговым электроприводам и автоматизированным системам управления был разработан «Способ минимизации удельного расхода топлива ДВС транспортного средства с электромеханической трансмис-

сией с частичной рекуперацией и устройство для его осуществления», в состав которого входит СКУН ДВС (рис. 3). Зарегистрирована заявка на получение патента.

Как работает система?

Электронный блок управления (ЭБУ) СКУН с помощью электропривода дроссельной заслонки (ЭДЗ) выводит ДВС на работу по внешней скоростной характеристике и нагружает его генератором, создавая равный баланс мощности между ними (рис. 3).

Потребители электрической энергии: тяговый мотор, конденсаторный или электрохимический накопитель создают нагрузку на генератор, которая изменяется и может превышать вырабатываемую генератором электрическую мощность или наоборот может быть слишком малой для загрузки ДВС.

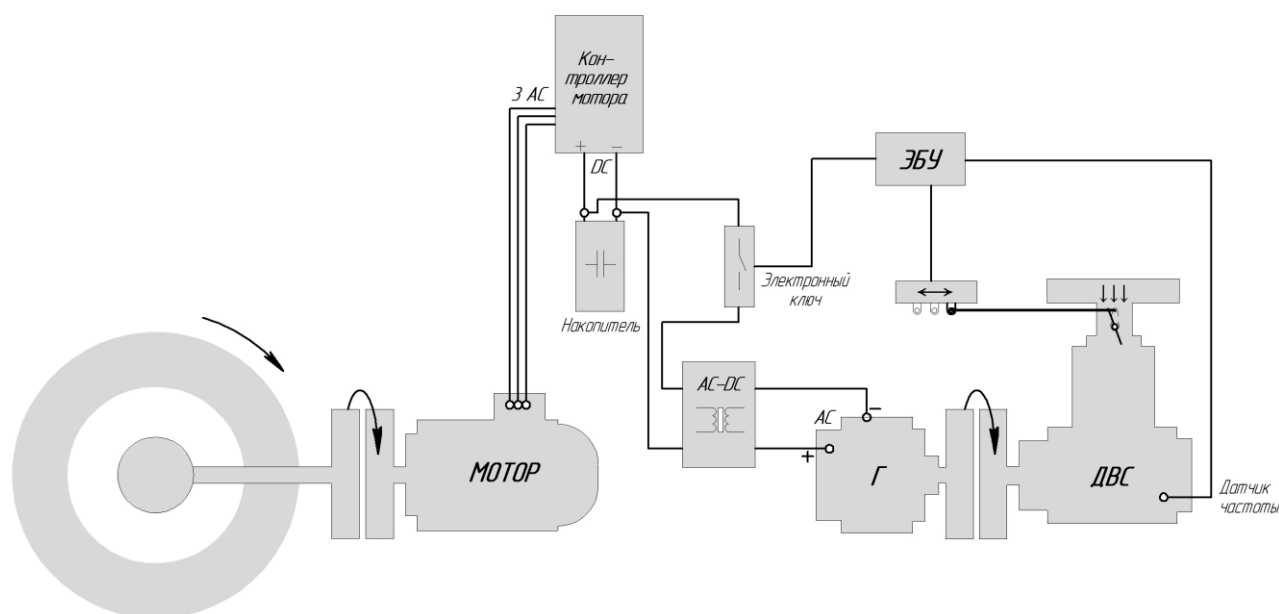


Рис. 3. Принципиальная схема СКУН ДВС

С помощью быстродействующего электронного ключа (БЭК) ЭБУ создаёт постоянную нагрузку на генератор, при этом нагрузочный режим ДВС всегда остаётся постоянным.

При снижении нагрузки (БЭК постоянно замкнут, обороты превышают установленный уровень) ЭБУ переводит ДВС на более низкую ступень мощности: 6000 - 4500; 4500 - 3000; 3000 об/мин - отключение ДВС.

При увеличении нагрузки (скважность сигнала управления БЭК максимальна, обороты ниже установленного уровня) ЭБУ переводит ДВС на более высокую ступень мощность: 3000 - 4500; 4500 - 6000 об/мин.

При таком способе управления ДВС работает только по внешней скоростной характеристике в режимах близких к минимальному удельному расходу топлива, т.е. энергетический КПД двигателя стремится к максимальному механическому

$$K_{\Theta} = K_{M.MAKC} \approx 30\%.$$

Каковы пути коммерциализации?

Основным сегментом внедрения разработки является легковой автомобильный транспорт крупных городов, сельхозтехника, особенно большой интерес подобные разработки вызывают у производителей автобусов и троллейбусов.

В настоящее время отечественная автомобильная промышленность находится на стадии формирования соответствующего научного технического знания и опыта по проектированию электромеханических гибридных приводов. Были выпущены опытные образцы гибридных городских автобусов на Псковском, Вологодском заводах, но отсутствие эффективной системы управления не позволяет добиться высоких показателей экономичности.

Основными иностранными конкурентами в этой области являются серийно выпускаемые автомобили с гибридной силовой установкой Toyota Prius, Honda Civic hybrid, Lexus hybrid. Ведущим производителем в этой области является компания Toyota. На сегодняшний день такие автомобили стоят значительно дороже среднечассового городского автомобиля и в России пока не распространены.

Ввиду большого интереса к внедрению подобных систем компаниями производителями городского автомобильного транспорта существует необходимость создания совместных проектов на основе коммерческого, государственного или научного сотрудничества, позволяющих приблизиться к созданию высокоэффективной надёжной гибридной силовой установки.

Комплекующие для системы

1. Быстродействующий электронный ключ
2. Универсальный контроллер
3. Драйверы силовой части
4. Моторедуктор электропривода дроссельной заслонки
5. Датчик скорости двигателя

План выполнения проекта

1. Изготовление системы контроля и управления нагрузкой двигателя СКУН.

- математическое описание физического процесса управления
- изготовление электропривода дроссельной заслонки
- программирование контроллера управления СКУН

- изготовление силовой части контроллера
- сборка и установка СКУН на лабораторную установку
- 2. Испытание и настройка СКУН
- 3. Запись и обработка полученных параметров
- 4. Оценка эффективности полученных результатов по сравнению с мировым научно-техническим уровнем.
- 5. Заключение договоров на изготовление и внедрение СКУН совместно с заинтересованными компаниями.

Литература

1. Автомобильные двигатели/ под ред. М.С. Ховаха. - М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
2. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. 992 с.
3. Александров И.К. Оценка энергетической эффективности ДВС в условиях неуставившегося режима работы / И.К. Александров, О.Л. Белков, В.А. Раков // Вестник машиностроения. – 2008. – № 6. – С. 17-20.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЯХ

А.Ю. Сальников, В.Д. Коровушкин, А.Н. Пронин
Научный руководитель Т.Г. Булавина

Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Сейчас много говорят о развитии водородной энергетики (на Западе популярен термин «водородная экономика»). С ней связывают возможности уменьшить антропогенное воздействие на парниковый эффект, хотя научные доказательства происходящего глобального изменения климата, как результата антропогенного воздействия, отсутствуют. Тем не менее необходимо рассмотреть и такую проблему, как усиление глобального парникового эффекта в результате антропогенного воздействия при массовом производстве и применении водорода и влияние этого воздействия на защитный озоновый слой Земли.

По данным многих учёных, из 33,2°С повышения температуры в приземном слое атмосферы из-за парникового эффекта только 7,2°С обусловлено действием углекислого газа, а 26°С – парами воды. Также известно, что при сжигании углеводородного горючего, как и водородного, окислитель – атмосферный кислород расходуется не только на образова-

ние углекислого газа, но и паров воды, создающих дополнительный парниковый эффект в приземном слое атмосферы.

То есть, даже с позиций сторонников антропогенного происхождения глобального потепления, рассматривать и квотировать следует не только антропогенные выбросы углекислого газа, но и антропогенные выбросы водяного пара, иначе говоря, необходимо квотировать суммарное антропогенное потребление атмосферного кислорода. При таком подходе в парниковом эффекте будут учтены и выбросы «парникового» углекислого газа и выбросы «парникового» водяного пара.

Сегодня существует три основных способа производства водорода, не связанные напрямую с неизбежными значительными выбросами двуокиси углерода, оценённые за килограмм произведенного водорода в докладе US National Academy of Engineering следующим образом:

- воздействие на природный газ с помощью пара, что позволяет связывать содержащийся в нём углерод для последующего хранения, себестоимость \$1,72;
- воздействие пара и кислорода на угольный порошок, что опять же позволяет связывать углерод - \$1,45;
- электролиз воды - \$3,93.

Первые два способа, т.е. реформинг природного газа и угля, требуют для дальнейшего применения водорода потреблять из атмосферы кислород и, тем самым, делают атмосферное природопользование в энергетике неизбежным. Поэтому такие технологии являются экологически неприемлемыми.

Электролиз воды, в том числе с использованием протонных мембран для электролизёров нового типа, позволяет извлекать главное недостающее звено водородной энергетики будущего - молекулярный кислород с последующим его возвращением в природную среду.

Запасы молекулярного водорода в Земле практически неисчерпаемы. Минеральная концепция происхождения нефти и газа, исходящая из космогонической истории углеводородов, говорит о практической неисчерпаемости мантийного молекулярного водорода, входящего и в состав природного газа.

Производство водорода на базе атомных станций и электролизёров сегодня является пока единственным технически реализуемым и экологически приемлемым способом создания массовой водородной энергетики. Испытанные технологии ядерной энергетики способны производить огромные количества электроэнергии. Хотя при этом всё ещё нужно преодолевать страх общества перед катастрофами и продолжать поиск возможностей безопасной ликвидации радиоактивных отходов. Произ-

водимые же водород и кислород из воды при ее естественном круговороте в природе после их использования должны возвращаться в природный цикл циркуляции воды.

При этом тепло, генерируемое в активных зонах реакторов, для его сброса во внеземное пространство без парообразования потребует специальных мер (если это тепло действительно оказывает влияние на глобальный климат). При массовом замещении органического топлива водородным обязательно потребуется переход на сухие градирни для отвода сбросного тепла АЭС.

В рамках европейской исследовательской программы Raphael французские учёные и конструкторы работают уже над созданием атомного реактора четвёртого поколения - реактора VHTR с температурой теплоносителя 950°C. В таких устройствах вода при добавлении серной кислоты, йода и соединений брома разлагается на составные части - водород и кислород. Этот реактор будет способен вырабатывать до 2 млн. кубометров водорода в сутки.

Дальше всех в создании реактора четвёртого поколения продвинулись США. До 2010 года они намерены построить для выработки водорода в Айдахо-Фолс демонстрационный ядерный реактор, который будет охлаждаться жидким натрием и свинцом. Совместно с компанией Ceramates рассматривается возможность применения для гелиевых реакторов тончайших керамических пластин, предотвращающих повторную рекомбинацию кислорода и водорода после высокотемпературного электролиза.

В заключение следует сказать, что ещё в 1996 году США приняли закон Hydrogen Future Act. В его рамках объявлялась «Водородная программа», цель которой – переход экономики США в течение двадцати лет на водород как основной энергоноситель.

Британская инновационная компания представила завершённую модель городского автомобиля, использующего в качестве топлива водород, преобразуемый в электроэнергию с помощью небольшого топливного элемента, сообщает New Scientist.

Детали конструкции автомобиля будут опубликованы и доступны всем заинтересованным в доводке машины по собственному усмотрению.

Создатели прототипа Riversimple Urban Car (RUC), представленного в ходе официальных мероприятий в Лондоне, уверены, что их подход к разработке позволит гораздо быстрее вывести на рынок автомобили, работающие на водородном топливе по сравнению с разработками, которые ведут ведущие мировые автомобильные концерны.

Так, автомобиль Honda FCX Clarity, будет доступен рядовым покупателям не раньше 2018 года, тогда как разработчики Riversimple Urban Car (RUC) намерены вывести его на массовый рынок уже к 2013 году.

Модель RUC по размерам не превышает модели автомобиля Smart, а весит всего 350 кг. Авто использует для работы относительно дешевую топливную батарею мощностью всего 6 кВт. Для сравнения прототипы водородных автомобилей Honda полагаются на топливный элемент мощностью 100 кВт.

Одного килограмма водорода такой машине достаточно для преодоления дистанции в 300 км, а разгон до скорости 48 км/ч авто совершает всего за 5,5 секунды. Максимальная скорость авто - чуть более 80 км/ч.

Сам же топливный элемент работает постоянно в неизменном режиме, в основном подпитывая разряжающиеся в ходе разгона ионисторы и лишь четверть вырабатываемой им электроэнергии идет непосредственно на работу электромоторов.

Основатели компании в отличие от автогигантов не будут продавать автомобили, а будут сдавать их в аренду. За 330 долларов в месяц автовладельцы получают неограниченный доступ к заправочным станциям. Такое решение стало возможным благодаря кооперации с компанией ВОС - мировым производителем газов для промышленных нужд. Спауэрс надеется сдать в аренду первые образцы RUC в 2011 году в одном из небольших британских городков.

Водородная энергетика является наиболее перспективной областью развития в будущем. Но в наши дни существует множество проблем в её реализации, а также политика нефтяных держав, перекрывающая развитие альтернативных видов топлива.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИБРИДНОГО ПРИВОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ ДВС

А.В. Смирнов

*Научный руководитель И.К. Александров, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Для эффективной работы гибридного привода, а также для достижения наибольшей экономичности топлива необходима система контроля и управления нагрузкой ДВС. Для этого нам необходимо разработать мо-

дель гибридного привода, при помощи которой мы также сможем изучить и другие параметры.

Таким образом, модель позволит:

- создать и отработать систему контроля и управления нагрузкой ДВС;
- оценить рекуперацию энергии;
- определить потери в приводе;
- подобрать оптимальные характеристики гибридного привода;
- оценить эффективность работы в неустановившемся режиме работы ДВС;
- создать методику расчета, учитывающую параметры автомобиля;
- проводить исследования как с последовательной, так и с параллельной схемой привода.

То есть новизна данной разработки состоит в том, что создав модель гибридного привода, мы сможем разработать систему контроля и управления нагрузкой ДВС.

Данная модель состоит из основных блоков:

1. Генераторная установка (ДВС + генератор, которые соединяются через фрикционную муфту). Данный блок состоит из следующих элементов:

- Двигатель внутреннего сгорания – служит источником энергии: максимальная мощность не менее 1.0 кВт, 4 такта.

- Генератор - преобразует механическую энергию двигателя в электрическую. Основные характеристики:

- а) максимальная выходная мощность 1.0 кВт при 4000 – 6000 об/мин;

- б) максимальная скорость вращения ротора не менее 7000 об/мин;

- в) выходы переменного напряжения на трёхфазный трансформатор.

2. Электродвигатель - преобразует электрическую энергию генератора в механическую.

Тяговый асинхронный электродвигатель с датчиком частоты и положения вала:

- а) максимальная мощность 1,2-1,5 кВт;

- б) номинальное напряжение 3Ф 220 В.

3. Блок имитации нагрузки

Вырабатываемая электромотором мощность в транспортном средстве расходуется на преодоление сил сопротивления, изменяющихся по прямому (сила сопротивления качения, разгона) и квадратичному (сила сопротивления воздуха) закону. Данный блок состоит из следующих элементов:

- Маховик (инерционная нагрузка);
- Генератор (1 кВт);
- Регулируемый реостат.

4. Блок накопления энергии

В качестве накопителя энергии на гибридной установке могут быть использованы только необслуживаемые герметичные источники постоянного тока или конденсаторы. На макетной установке достаточно использовать более дешёвые электролитические конденсаторы, которые должны соответствовать требованию: максимальная емкость должна обеспечивать работу привода с номинальной мощностью 1кВт при отключённой генераторной установке не менее 10 сек. В то же время на штатном автомобиле необходимо применять более мощные ультраконденсаторы.

5. Преобразователь

6. Измерительный блок (амперметры, вольтметры)

7. Блок натяжения ремня, который состоит из элементов:

- Ролик;
- Редуктор (электрический).

Модель гибридного привода представлена на рисунке:

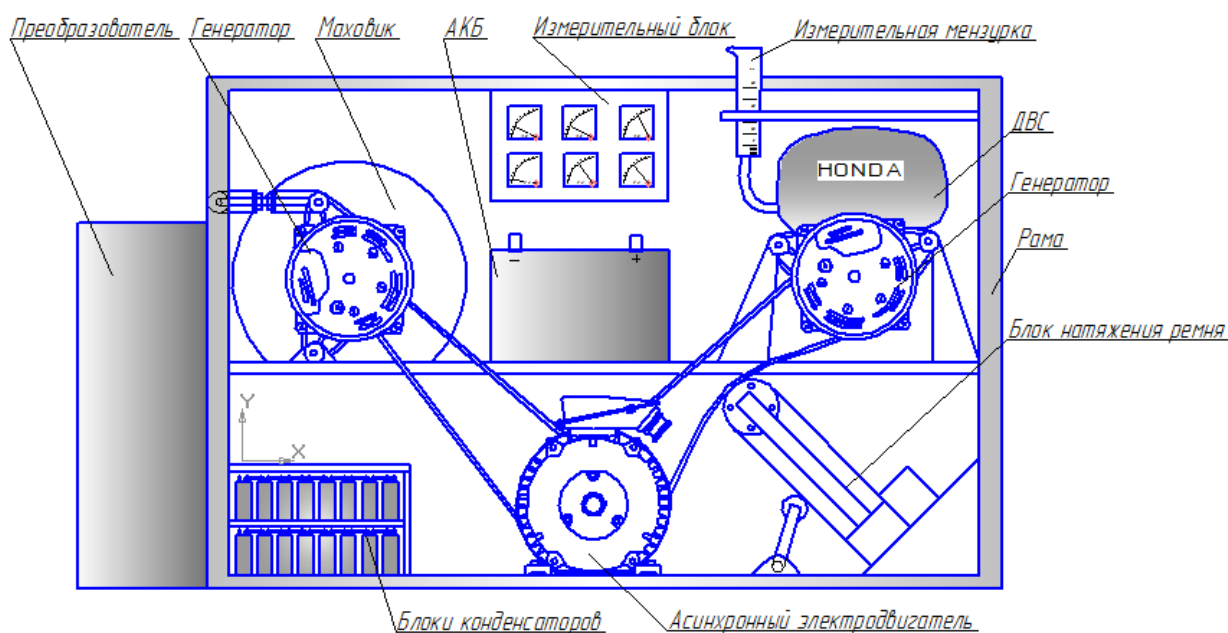


Рис.

Механическая передача от двигателя к генератору осуществляется с помощью фрикционной муфты. Рама макетной установки жестко объединяет все узлы вместе. Передача от электродвигателя на блок имитации нагрузки - ремённая поликлиновая, повышающая. Данный блок состоит из генератора, подсоединённого к реостату, на валу установлена инерционная масса. Генератор имитирует силы сопротивлений качению, подъёму, воздуху. Инерционная масса имитирует силу сопротивления инерции при разгоне.

Отслеживание энергетических параметров происходит с помощью датчиков тока и напряжения, встроенных в цепь генератора, накопителя энергии, тягового электромотора и реостата.

Расход топлива фиксируется делениями измерительной мензуркой. Проверка эффективности прямой механической передачи возможна благодаря ременному приводу, который соединяет двигатель и блок имитации нагрузки, где натяжение изменяется с помощью ролика, управляемого электроприводом.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СНЕГА

И.В. Стратий

Научный руководитель А.С. Степанов, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Одно из самых широко распространенных явлений природы, активно воздействующее на общество и экономику, – это снег. Все чаще его рассматривают как нежелательную и дорогостоящую помеху. Ущерб, причиняемый снегом, может быть огромным, и понятно, что этой проблеме необходимо уделять больше внимания.

Снег – это пористая среда, состоящая из ледяного каркаса, заполненного влажным воздухом при отрицательной температуре, а также свободной водой при температуре, близкой к нулю. Формирование снежных осадков в атмосфере зависит от многих факторов, но главным образом, от температуры окружающей среды и наличия переохлажденной воды. Первоначально в результате конденсации водяных паров в восходящей тёплой воздушной массе формируется облако. Как только температура в облаке опускается ниже 0°C , создаются условия, благоприятные для образования снега. При температуре около -5°C ядра кристаллизации, присутствующие в атмосфере, формируют в процессе льдообразования мельчайшие кристаллы льда.

Удивительное свойство снега - большое количество форм снежных кристаллов. Единственная их общность - подчинение "закону шестигранности", или гексагональности. Были попытки построения "идеального кристалла льда" в соответствии с гипотетическим строением элементарной молекулярной кристаллической решетки, показанной на рис. 1,а. Именно так представляется гексатональный характер связей между ато-

мами водорода (H) и кислорода (O). О форме "идеального" кристалла льда можно получить представление по рис. 1,б (рисунок Н.Н. Стулова). Но таких "идеальных кристаллов" нет ни на Земле, ни в атмосфере [1].

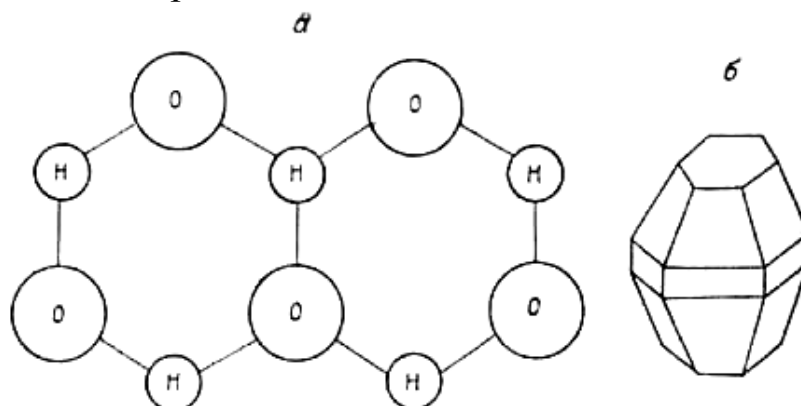


Рис. 1. Схема кристаллической решетки льда на молекулярном уровне (а) и форма гипотетического кристалла льда (б) по Н.Н. Стулову.

С ледяного кристалла начинается формирование снежного кристалла (снежинки). В процессе роста и усложнения кристалл превращается в снежинку. Нередко в результате сцепления снежинок образуются снежные хлопья.

В настоящее время накоплено большое количество материала по свойствам снега, но при сопоставлении результатов различных авторов они не совпадают. Моделирование развития структуры снега на основе представления физических процессов, происходящих в снежном покрове, позволяет частично разрешить обнаруженные противоречия. Наиболее важным является необратимость развития структуры снега в противоположных направлениях: уплотнение и разрыхление [2], что до сих пор не нашло должного физического объяснения.

Одно из основных свойств снега — возрастание прочности не только при уплотнении, но и потом, когда механическая нагрузка уже снята. Кристаллы смерзаются, в уплотненной массе образуется ледяной скелет, и за несколько часов после уплотнения прочность возрастает иногда более чем в десять раз.

Для снега также как и для хрупких материалов используется понятие предела прочности. Этот предел определяют для разных видов деформации. В соответствии с этим установлены следующие его разновидности:

- 1) предел прочности на растяжение;
- 2) предел прочности на изгиб;
- 3) предел прочности на срез/сдвиг;
- 4) предел прочности на сжатие;
- 5) предел прочности при стесненном сжатии.

Исследования прочности снега на сжатие показали, что она в несколько раз превышает прочность при растяжении. Прочность на сжатие возрастает вместе с увеличением плотности снега. При повышении температуры и увеличении размера зерна прочность снега на сжатие уменьшается. При постоянной температуре и плотности наибольшей прочностью на сжатие обладает мелкозернистый снег. Несомненно, что прочность снега на сжатие зависит от его плотности.

В Лаборатории средств противоскольжения Вологодского государственного технического университета был разработан и изготовлен стенд СД-1, который позволяет смоделировать и исследовать механизм сдавливания, уплотнения и, как следствие, изменения физических свойств снега упругим элементом, имитирующим выступ протектора шины.

Исследование осуществлялось по следующей методике:

1. Из реальной шины вырезался элемент протектора и закреплялся посредством универсального крепления к направляющей.
2. На основание устанавливалась кассета со снегом, высота снежного покрова измерялась с помощью линейки.
3. Направляющая с элементом протектора плавно и безударно вводилась в соприкосновение со снегом (образцом).
4. Осуществлялось нагружение образца до величины, равной нагрузке на 1 выступ протектора в реальной шине (для большинства шин легковых автомобилей эта величина лежит в диапазоне от 120 до 170 Н).
5. Производилось измерение перемещения направляющей с элементом протектора относительно корпуса, т.е. величина внедрения элемента в кассету со снегом.
6. По завершению нагружения фиксировалась так же высота спрессованного под элементом протектора снега.
7. Далее производится определение физико-механических свойств образца.

Данный эксперимент позволил выявить закономерность между физическим состоянием снега и его уплотняемостью при определённом удельном давлении при разных температурах снега. Данные зависимости приведены на рис. 2.

При качении колеса по снегу сначала происходит сдавливание последнего, затем идет уплотнение, изменение физических свойств и возникновение силы сцепления. В канавках протектора шины образуются уплотненные выступы (гребешки). Сцепление шины с поверхностью дороги в этих условиях в значительной степени зависит от сопротивления уплотненных гребешков снега сдвигу (срезу).

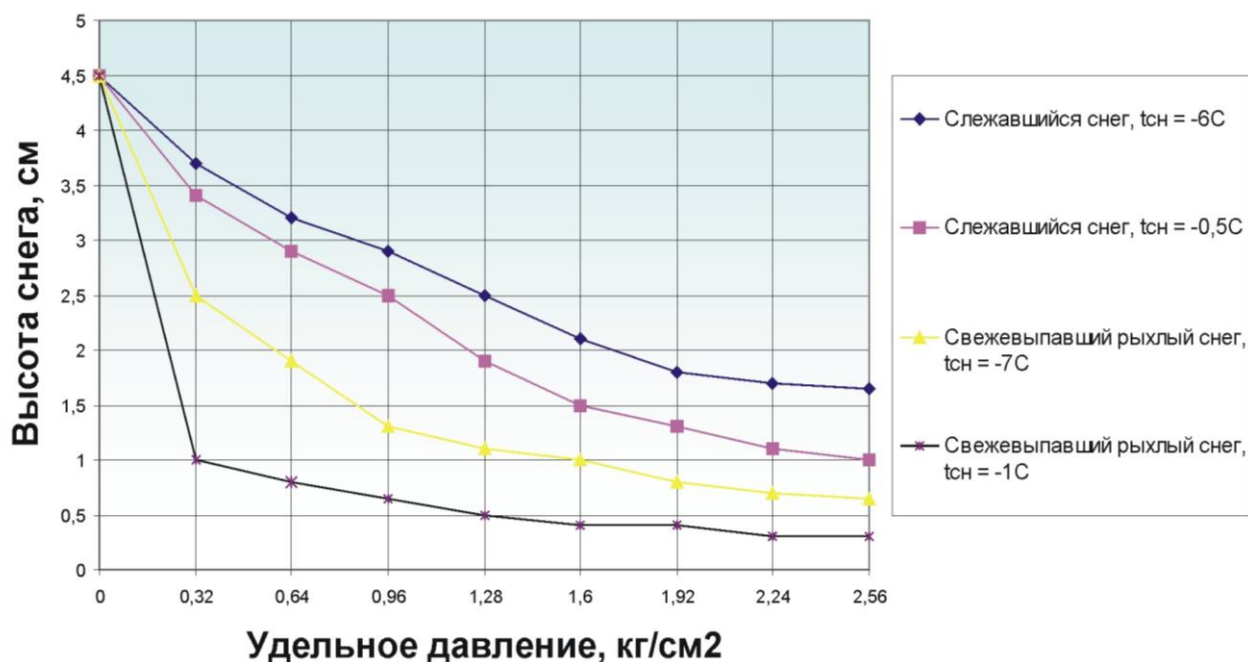


Рис. 2. Уплотняемость снега

Для исследования этих процессов разработана методика и соответствующая лабораторная установка СД-2. Сначала производится уплотнение снега, при помощи пуансона 2, измеряется высота, определяется плотность, затем снимается обойма закрепления 1 и прилагается горизонтальная нагрузка для сдвига (среза) F_2 на разъемную обойму 3 (рис. 3).

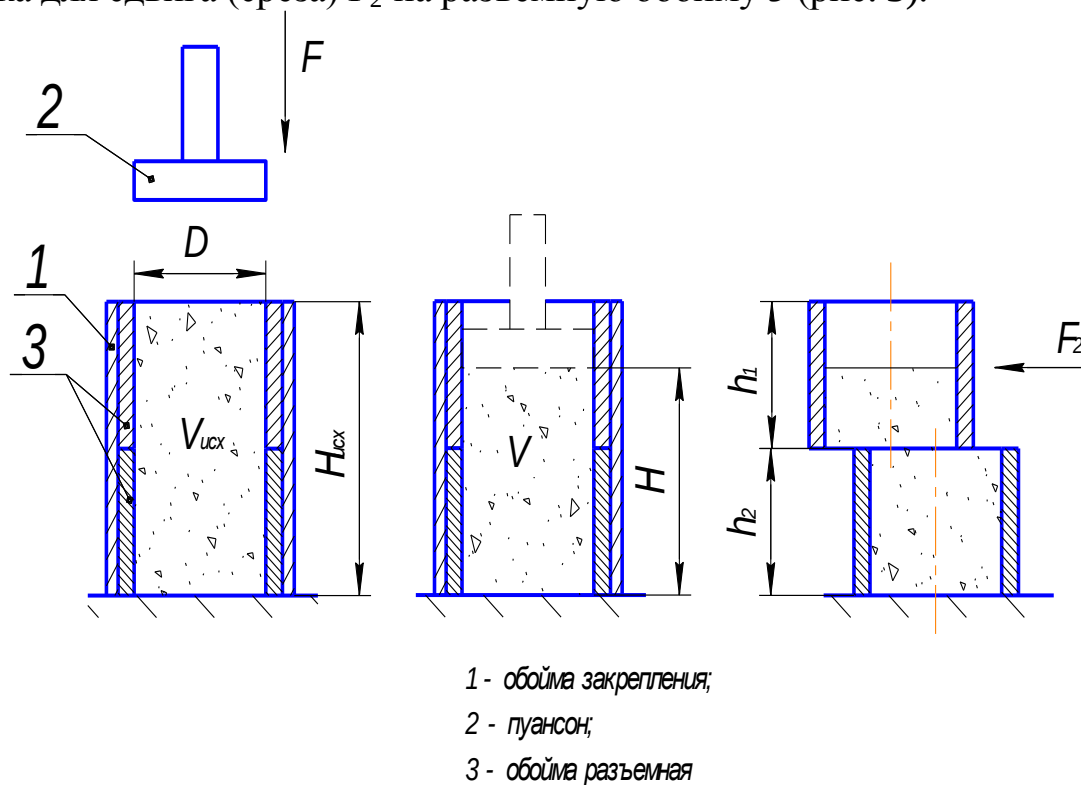


Рис. 3. Схема испытания на сдвиг

С помощью стенда СД-2 и разработанной методики была получена схема испытания, которая позволила исследовать предел прочности снега на сдвиг (срез).

Литература

1. Фролов С.А. Исследование взаимодействия протектора шины со снежным покрытием // Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. журн. / С.А. Фролов, А.С. Степанов, А.А. Фролов, А.Д. Шаратинов. – ФГУП «ВИМИ», 2009. – № 3.
2. Дюнин А.К. В царстве снега. – Новосибирск: Издательство "Наука", 1983.
3. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. – М.: Изд-во АН СССР, 1955.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.П. Шишова

Научный руководитель Б.А. Шкарин, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Ассортимент изделий, выпускаемых машиностроительными предприятиями, насчитывает десятки тысяч самых разнообразных видов и разновидностей. И с каждым годом количество их возрастает, появляются новые, более совершенные и сложные технические изделия. Большая номенклатура изделий и ее изменения не должны стать причинами снижения эффективности конструкторско-технологической подготовки производства, повышения трудоемкости проектирования машиностроительных конструкций и технологических процессов.

Систематизировать всё многообразие деталей (изделий) помогают методы и системы классификации, которые постоянно совершенствуются. Классификация позволяет обеспечить разделение множества объектов на подмножества по сходству или различию, то есть идентифицировать объекты.

Классификация и группирование обрабатываемых деталей позволяет определить однотипность деталей (типа валов, дисков и т.д.) и сходность

их геометрии и технологии (одинаковый материал, подобные геометрические элементы и т. д.). Это даёт возможность проанализировать возможности применения групповых или типовых технологических процессов, то есть обеспечить их унификацию.

Результаты классификации и кодирования изделий используют на всех этапах жизненного цикла изделий (от разработки концепции нового изделия до его утилизации).

Первая информация о детали в виде наименования появляется на этапе проектирования её конструкции. Наименование – это наиболее концентрированный вид информации о детали, призванный давать четкое основание всей производственной информации о ней. Однако многие наименования деталей, назначаемые конструкторами, могут исказить первоначальное представление о виде детали, то есть являются информационным балластом. На производствах с обширной и разветвленной номенклатурой деталей (более 3000 наименований), где упорядоченность особенно необходима, это может привести к рассогласованию действий на различных этапах производства.

Поэтому информация о детали, необходимая каждому участнику жизненного цикла, должна быть достаточной.

В этом случае возникает необходимость создания и применения единой системы классификации и кодирования изделий. Следует отметить, что отсутствие единых подходов, норм и стандартов классификации промышленной продукции, соответствующих современным требованиям, существенно снижает эффективность и возможности внедряемых CAD/CAM-систем и приводит к дополнительным расходам предприятий и организаций, российской экономики в целом.

В нашей стране наиболее совершенной системой, обладающей обширным и отработанным составом признаков и сравнительно развитой терминологией, является классификатор ЕСКД [2] и связанный с ним технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения (ТКД), который совместно с ЕСКД предназначен для решения технологических задач. Процедура классификации в данном случае заключается в определении принадлежности распознаваемой детали к тому или иному классу.

Для классификатора ЕСКД характерен иерархический способ классификации, который основан на разделении информации по какому-то одному признаку на крупные группировки, которые, в свою очередь, делятся по разным признакам на более мелкие. В результате устанавлива-

ется своеобразная иерархия, т. е. подчиненность всех признаков мелких групп общей группировке.

В качестве примера на рис. 1 представлена деталь, которую необходимо идентифицировать.

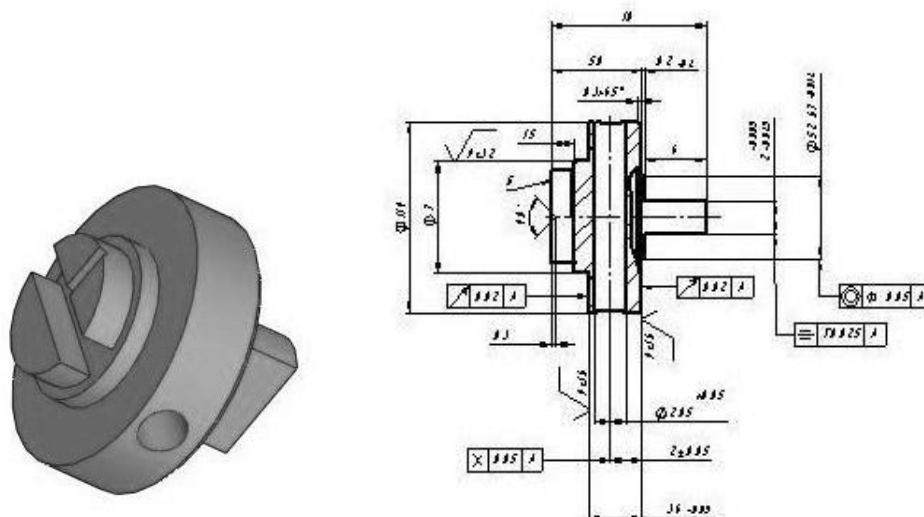


Рис. 1. Модель и фрагмент чертежа детали

Формирование конструкторского кода детали происходит следующим образом:

Класс	710000	детали – тела вращения типа колец, дисков, блоков и др.
Подкласс	713000	с L св 0,5 до $2D$ включая катушки, шкивы и др. с наружной поверхностью цилиндрической
Группа	713400	без закрытых уступов, ступенчатой, двухсторонней, без наружной резьбы
Подгруппа	713410	без центр. отверстий
Вид	713414	с отверстием вне оси детали

Итог: код данной детали по классификатору ЕСКД будет 713414 [2].

В производственных условиях чаще всего применяются комбинированные методы классификации, то есть кроме стандартной кодировки по ЕСКД на предприятиях используется и собственная классификация (рис.2).

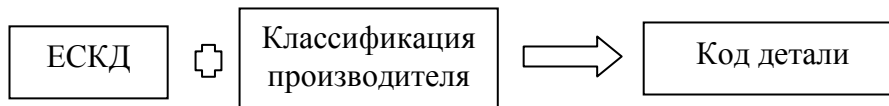


Рис. 2. Формирование конструкторского кода детали на предприятии

Так, например, полный код детали, представленной на рис. 1, будет следующий: МВЖИ.713414.001 Фиксатор, где МВЖИ означает, что это

деталь изделия гражданского назначения (по классификации ОАО «ВОМЗ»), 001 – порядковый номер, присвоенный разработчиком, а «фиксатор» – наименование.

В некоторых случаях необязательно присвоение цифрового кода детали. Например, когда описания конкретных характеристик (свойств, показателей, отличительных признаков) деталей или изделий представлены в нормативных или технических документах используется ссылочный метод идентификации. То есть идентификация включает наименование изделия, его условное обозначение и ссылку на документ, содержащий всесторонние требования к этому изделию (например: гайка шестигранная по ГОСТ 5915-70).

Также достаточно широко наряду с классификационным и ссылочным методами идентификации используются следующие методы:

- уникальных наименований;
- цифровых номеров;
- условных обозначений;
- описательный;
- описательно-ссылочный;
- автоматической идентификации.

Последний получает всё большее распространение в связи с внедрением на предприятиях CALS-технологий в составе CAD/CAM/CAE - систем, а также благодаря развитию и созданию средств, обеспечивающих восприятие, распознавание и обработку информации об объектах. При этом необходимость в автоматической идентификации тем сильнее, чем больше номенклатура изделия.

На практике, как уже было сказано выше, чаще используется сочетание различных методов идентификации объектов. Основным критерием выбора метода является минимизация признаков, необходимых для решения задач, связанных с обработкой информации о конкретных объектах.

К таким задачам можно отнести следующие:

- подбор деталей для различных видов производственных систем;
- группирование деталей для повышения эффективности применения автоматизированных производственных систем;
- анализ деталей, выпускаемых предприятием, с целью разработки рациональных заказов на заготовки, материалы и т.д., маршрутизация технологических процессов;
- реализация систем автоматизированного конструирования и проектирования CAD/CAM.

В зависимости от условий производства идентификация может быть либо индивидуальной, либо групповой. Индивидуальная идентификация предполагает маркировку и прослеживание непосредственно каждой детали или сборочной единицы. Индивидуальная идентификация характерна для единичного или мелкосерийного производства. Групповая – для массового производства сравнительно простых изделий, например, заготовок или сборочного производства с большой номенклатурой комплектующих.

Независимо от условий производства индивидуальной идентификации могут также подвергаться детали или сборочные единицы, имеющие, например, значительную стоимость изготовления и критическое значение для показателей по безопасности конечной продукции (п.19 ИСО 3004-87), а также изделия, изготовленные с применением специальных процессов (п.11.4 ИСО 9004-87).

При любой классификации технико-экономической информации промышленного характера должны выполняться следующие основные требования:

- обеспечение полноты охвата объектов изучаемого множества;
- непересечение выделяемых групп объектов;
- возможность включения новых групп объектов;
- лаконичность, четкость и ясность классификационных признаков;
- неизменность принятого классификационного признака на всех уровнях классификации.

Комплексы стандартов, составляющие системы классификации и кодирования, обеспечивают единообразие методов классификации и кодирования объектов, устанавливают единство кодовых обозначений и создают условия для стандартизации технической документации.

Единообразие методов классификации и кодирования объектов предназначено для создания условий для формирования единого информационного пространства. Это позволяет обмениваться информацией как внутри предприятия, так и между различными предприятиями внутри отрасли, что способствует обмену опытом.

Но при этом на предприятиях нет единства в использовании CAD/CAM систем, то есть существует множество различных систем автоматизированного проектирования конструкции и технологических процессов. Поэтому для обмена геометрической информацией были разработаны и широко используются форматы обмена данными, которые позволяют хранить и передавать модели посредством обменных файлов.

Самыми распространёнными обменными форматами можно назвать следующие: IGES, DXF и STEP (ISO 10303).

Формат IGES ("Initial Graphics Exchange Specification") был разработан для обмена данными между различными программами CAD. Особенность формата IGES заключается в том, что на основе поддержки практически всех видов 3D геометрии, которые используются для программ серии CAD, фальсификация файла оригинала может быть предотвращена на основе преобразования, что необходимо для обмена данными между различными программами. Главный недостаток формата состоит в том, что лишь немногие программы компьютерной графики 3D поддерживают его в полном объёме [3].

Формат DXF (Drawing eXchange Format) является открытым форматом файлов для обмена двумерной графической информацией между приложениями САПР. Этот формат создан фирмой Autodesk для системы AutoCAD и поддерживается практически всеми CAD-системами. DXF файл может быть в бинарной (при этом расширение файла dxb) или ASCII форме. В бинарной форме размер файла уменьшается примерно на 25% и читается он в пять раз быстрее, чем в ASCII форме [4]. Недостаток формата: набор примитивов, поддерживаемых DXF, не позволяет описывать какие-либо конструкторско-технологические параметры деталей, кроме размеров.

ISO 10303 STEP (Standard for Exchange of Product Data) - ISO-стандарт для компьютерного представления и обмена промышленными данными. Целью стандарта является обеспечение механизма описания данных продукта в течение всего его жизненного цикла, независимо от определенного программного обеспечения. Чаще всего STEP используется для обмена данными между CAD, CAM, CAE и PDM-системами. Данные модели в формате STEP описываются с помощью языка EXPRESS, обмен данными осуществляется в форматах STEP-File, STEP-XML или через доступ к базе данных. В зависимости от прикладной области описание модели определяется протоколом приложения (Application Protocol), к примеру, AP203 соответствует конфигурации контролируемого 3D-проектирования [5], что позволяет решить проблему передачи геометрии.

Основная задача классификации - решение проблемы неоправданного многообразия структурных составляющих системы народного хозяйства. Эта проблема, в свою очередь, может быть решена путем выявления неоправданного многообразия элементов системы и последующего установления рациональной их номенклатуры (учета, систематизации,

унификации), обеспечивающей эффективное и качественное функционирование системы в целом.

Литература

1. Ширялкин А. Некоторые проблемы и перспективы развития классификации деталей / А. Ширялкин, Е. Деева // Стандарты и качество. – 2006. – № 12.
2. Классификатор ЕСКД. Класс 71. Детали – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, шестерней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др. – М.: Изд-во стандартов. 1986. – 103 с.
3. <http://c4d.comgran.ru/helpsystem/html/12246.html> электронный ресурс
4. http://silkerok.chat.ru/rus/doc/dxf_doc.htm электронный ресурс
5. <http://www.cad.dp.ua/> электронный ресурс

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ РЕАНИМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ПЕРФУЗИОННОЙ ТЕХНИКИ

Д.В. Эйсмонт

*Научный руководитель: А.В. Полянский, канд. техн. наук, доцент
Череповецкий государственный университет
г. Череповец*

Перфузионные системы играют чрезвычайно важную роль в современной медицине. Ежедневно по всему миру проходят тысячи операций, связанных так или иначе с использованием систем искусственного кровообращения. Общий вид подобных систем указан на рис. 1.

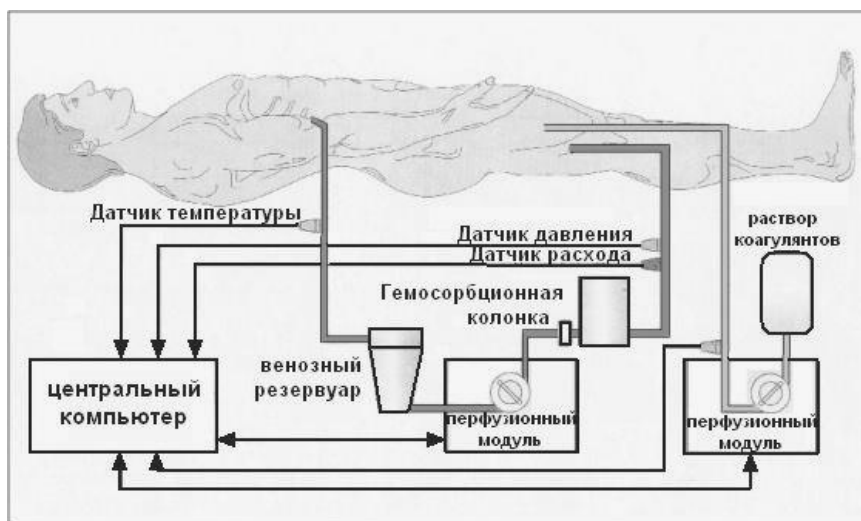


Рис.1. Система искусственного кровообращения

Ключевым динамическим элементом мехатронного модуля этой системы является перфузионный насос (например, роликовый), который осуществляет движение крови или лекарственных препаратов по полимерной магистрали в организм человека.

На сегодняшний день работа таких насосов осуществляется в разомкнутом режиме, что накладывает значительные требования на высокий класс точности их изготовления, решаемые крупными специализированными предприятиями. Последним при малых партиях заказов (стоимость изделий высокая) это вновь увеличивает их себестоимость. Изготовление насосов средствами малых предприятий практически невозможно и в России не осуществляется.

В свою очередь известные перфузионные модули недостаточно эффективны для задач, например, МЧС, в подвижных системах быстрого реагирования, и в связи с этим обладают рядом недостатков:

- габаритны и избыточны по мощности;
- обслуживание требует наличие медицинского и технического персонала очень высокой квалификации;

Как следствие, существующие системы могут быть использованы в основном в крупных медицинских центрах, а их массовое производство затруднительно и неостребовано. Вследствие чрезвычайной сложности и дороговизны, они практически не могут применяться в районных больницах, в полевых условиях (например, во время устранения последствий ЧС), до транспортировки пострадавших средствами авиатехники.

Для повышения эффективности оказания первой медицинской помощи стоит задача создания мобильной реанимационной аппаратуры на базе перфузионной техники. Предлагается полная автоматизация ведения перфузии, для которой необходим автоматический контроль травмируемости (потерь) донорской крови, её оксигенности и давления с алгоритмизацией на максимальный эффект операции. Это поможет снизить требования к квалификации обслуживающего технического и медицинского персонала.

В техническом плане механика упрощается переводом акцента на алгоритмическое управление. Этого можно добиться путём введения в систему режима слежения за формой импульса крови в точке перфузии (рис. 2), что позволит далее ввести контуры адаптации к состоянию пациента (температуры тела, кровяного давления и т.п.) и к характеристикам полимерной магистрали.

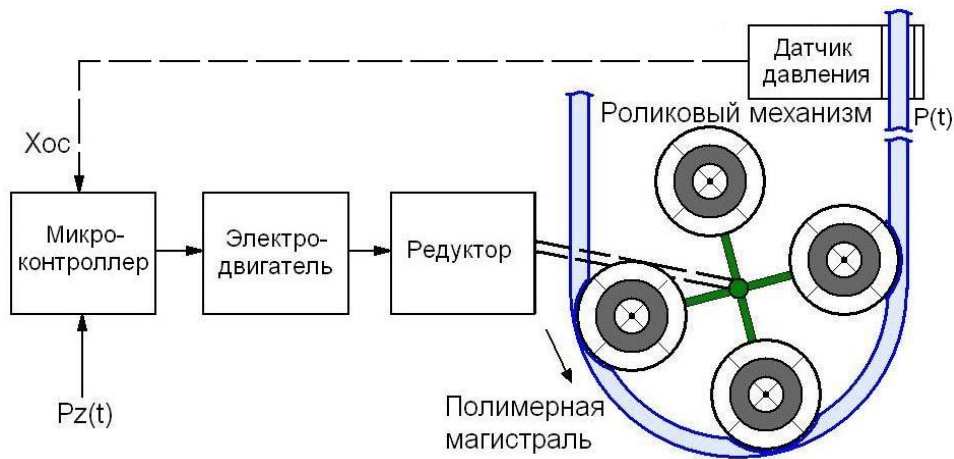


Рис. 2. Структурная схема мехатронного модуля следящей СИКО

Структура адаптивной системы управления искусственным кровообращением позволит отказаться от применения методов точной механики, что существенно снизит себестоимость установок, построенных по этому принципу, расширяя таким образом сферу их применения и позволяя осуществить их запуск в массовое производство. Фактически таким образом имеется возможность снизить требования к классу точности изготовления перфузионных насосов до рядового металлообрабатывающего, что позволит осуществлять их изготовление средствами малых предприятий.

Предложенные методы управления также призваны значительно минимизировать энергозатраты, что позволит разрабатывать переносные пункты для применения в полевых условиях. Кроме того, в этом случае возможно создание модернизированных вариантов таких пунктов для мобильной (в том числе, вертолётной) и стационарной установки, которые могут быть использованы в небольших (например, районных) медицинских центрах.

Технологически заданный с периодом T (например, $T=1$ с) импульс мгновенного давления $Pz(t)$ для моделирования и задания в память МК с допустимой погрешностью удобно задать транспонированной матрицей Mz , с координатами $[t, Pz]$,

$$Mz = \begin{pmatrix} 0 & 0,08 & 0,14 & 0,18 & 0,23 & 0,30 & 0,36 & 0,38 & 0,42 & 0,46 & 0,52 & 0,6 & 1 \\ 0 & 24 & 125 & 152 & 149 & 67 & 67 & 90 & 93 & 52 & 19 & 0 & 0 \end{pmatrix}^T \quad (1)$$

В синтезе алгоритма управления предлагается использовать моделирующий пакет SyAn [3], в котором по (1) строится генерируемая после-

довательность импульсов $Pz(t, T)$, воздействующая на вход предлагаемой модели модуля (рис.3, т.А).

Для формирования передаточной функции нескорректированной системы рассмотрим основные звенья системы (см. рис. 2). Электродвигатель совместно с редуктором и РМ - апериодическое звено с постоянной времени Tdv (электрической постоянной Te пренебрегли ввиду $Te \ll Tdv$), полимерная магистраль (ПМ) согласно [2] – колебательное (ξ - колебательность, $T0$ -инерционность, τ - «чистое» запаздывание) и датчик - безынерционное с передаточной функцией, учитывающей аналоговое цифровое преобразование (АЦП) как $W_0(s)=1$. Для работы со скоростным задающим сигналом $Pz(t, T)$ в следящую систему на первом этапе синтеза добавлена операция интегрирования, тогда передаточная функция разомкнутой еще нескорректированной системы $W_{HC}(s)$ приняла вид

$$W_{HC}(s) = \frac{Q}{s \cdot (Tdv \cdot s + 1) \cdot (T0^2 \cdot s^2 + 2 \cdot \xi \cdot T0 \cdot s + 1)} \cdot e^{-\tau \cdot s}, \quad (2)$$

где добротность по скорости Q определена отношением максимальной скорости изменения входного сигнала $Pz'_{max}(t)$ к абсолютной допустимой погрешности слежения ε_{don} в т.В (рис.3) за входным сигналом. Выбрано $Q=250$. В структуру введена модель ЦАП из библиотеки пакета *SyAn* как последовательная цепь амплитудно-импульсного модулятора (АИМ) единичной скважности с квантователем по уровню при дискретности, определяемой разрядностью МК (здесь двухбайтной).

Пакет не смог в пользовательском меню выдать структуру алгоритма, обеспечивающего устойчивость модуля, из-за значительного «чистого» запаздывания ПМ. Предложено, учитывая периодичность задающих сигналов $Pz(t, T)$, в первом цикле работы (настроечном) определить корректирующую функцию $W_K(s)$ для виртуальной системы (без запаздывания) и вычислить сигнал обратной связи $PH(t)$ (рис.3, т.Д, и рис.4, режим настройки), а в последующих рабочих циклах использовать его в управлении, как виртуальный сигнал $Pe(t)$, не отстающий от текущего цикла (рис.3, т.Е, и рис.4, виртуальный импульс). Операцию переключения режимов слежения осуществляет блок управления, взаимодействующий с моделью нескорректированной и не запаздывающей системы $W_M(s)$. Для последней пакет *SyAn* дает решение по корректирующей функции $W_K(s)$, представляющей с учетом введенного интегратора модификацию классического закона ПИД-регулирования в т. С (рис. 3).

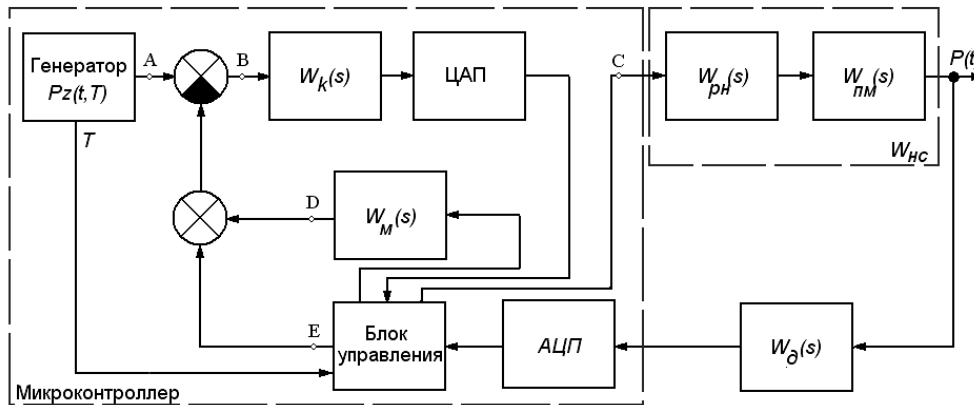


Рис. 3. Функциональная схема следящего перфузионного мехатронного модуля

Полная работа модели по рис.3, где согласно (2) передаточная функция нескорректированной системы $W_{HC}(s)$ представлена двумя звеньями ($W_{PH}(s)$ – двигатель, редуктор, РМ и $W_{ПМ}(s)$ – полимерная магистраль), в осциллограммах рис. 4. дополнена устойчивым процессом слежения с запаздыванием реального рабочего импульса $P(t)$. В комплексе СИКО при синхронизации, например, с биоритмом сердца, это запаздывание необходимо учесть.

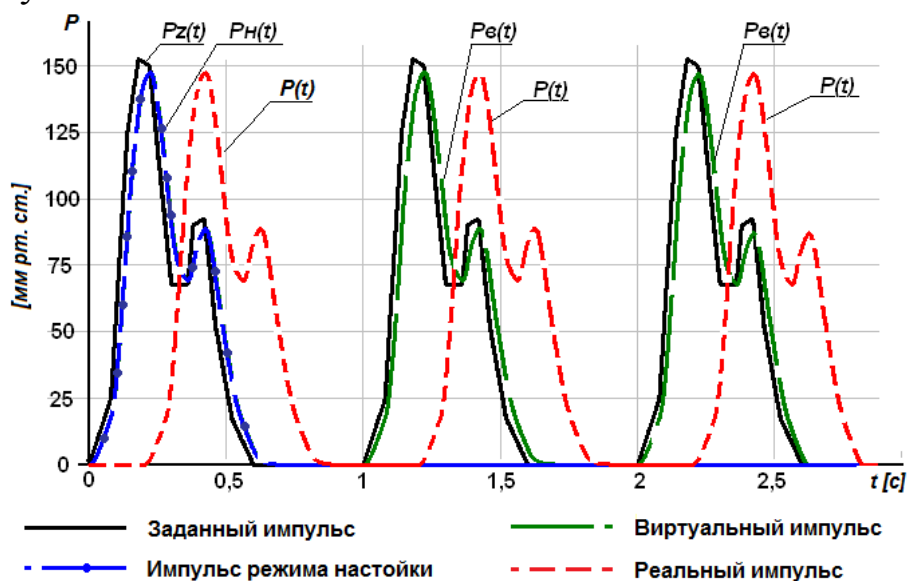


Рис. 4. Осциллограммы процесса формирования перфузионных импульсов

Используемые в синтезе коэффициенты зависят от параметров нескорректированной системы, особенно варьируемых при смене ПМ, влияющей на них своей длиной, диаметром, толщиной стенок, плотностью и температурой РЖ, жесткостью материала, рабочего давления. Поэтому необходима оперативная идентификация ПМ или предварительная

маркировка. Результаты экспериментов проводились при параметрах системы $Tdv = 0,2$ с, $\tau = 0,2$ с и $\xi = 0,6$.

Таким образом предлагаемая структура перфузионного модуля для задач реанимации в экстремальных условиях выполнима, а требования по самонастройке, снижающие непрерывный контроль медицинского работника за работой, осуществляются введением алгоритмов выявления отклонений от заданных режимов и осуществления воздействий на блоки аппаратуры, восстанавливая заданный режим [4].

Литература

1. Кириченко. В.В. Мехатронные перфузионные системы. МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (МиР-2007): Труды международного научно-технического конгресса / В.В. Кириченко, К.Ю. Сенчик, В.Б. Митренин, А.И. Модягин, А.Д. Юхнев, А.В. Полянский. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 85-90.
2. Кириченко. В.В. Исследование динамических характеристик полимерной магистрали как звена автоматизированной системы искусственного кровообращения: Труды 10-й научно-практической конференции. Актуальные проблемы защиты и безопасности. Т.5, НПО специальных материалов / В.В. Кириченко, В.Б. Митренин, А.В. Кузнецов, А.В. Полянский. – С-Пб., 2007. – С. 247-253.
3. Евстигнеев. Д.В. Программный комплекс для моделирования и исследования систем автоматического управления / Д.В. Евстигнеев, А.А. Кормилкин, О.А. Тягунов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2007. – № 6. – С. 41-45.
4. Митренин. В.Б. Адаптивное управление импульсными режимами движения жидкости в полимерной магистрали / В.Б. Митренин, А.В. Полянский, А.В. Кузнецов, В.А. Кранов, Д.В. Эйсмонт // Материалы VI всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2008.

**Секция «ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ,
ПРОБЛЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**

**К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА И СРЕДСТВА
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

А.А. Андросенко, И.А. Валов

*Научный руководитель А.А. Сеницын, канд. техн. наук
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Проблема полного уничтожения или частичной утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) – вопрос весьма актуальный для современного города. Хотя твердые бытовые отходы – это "бесплатный" энергоноситель, так как бытовой мусор – возобновляемое углеродсодержащее энергетическое сырье для топливной энергетики, а также богатый источник вторичных ресурсов, однако, в первую очередь, для любого города и населенного пункта это экологическая проблема. Весьма важно, чтобы процессы утилизации бытовых отходов не нарушали экологию, обеспечивали четкое функционирование городского хозяйства с точки зрения общественной санитарии и гигиены, а также создавали благоприятные условия жизни населения в целом. Как известно, в настоящее время подавляющая масса ТБО складывается на мусорных свалках, стихийных или специально организованных в виде "мусорных полигонов". Однако это самый неэффективный способ ликвидации ТБО, так как мусорные свалки, занимающие огромные территории плодородных земель и характеризующиеся высокой концентрацией углеродсодержащих материалов (бумага, полиэтилен, пластик, дерево, резина), периодически горят, загрязняя окружающую среду вредными газами.

В развитых странах существует законодательное ограничение на содержание выбрасываемого в атмосферу дымового газа при сжигании отходов. Эти ограничения диктуют необходимость поисков технологических путей обеззараживания ТБО с наименьшим отрицательным влиянием на окружающую среду, особенно мусорных свалок. Следовательно, присутствие бытового мусора в открытых свалках крайне отрицательно влияет на окружающую среду и, как следствие, на человека.

Кроме того, мусорные свалки являются источником загрязнения как поверхностных, так и подземных вод вследствие дренажа свалок атмосферными осадками. Помимо этого, рациональная организация перера-

ботки ТБО дает возможность использовать до 90% продуктов утилизации в строительной индустрии.

Основная задача, стоящая перед системами переработки ТБО, – наиболее эффективное утилизирование этих отходов. При подборе технологий для реализуемых проектов нужно руководствоваться двумя важными требованиями: обеспечить минимум или полное отсутствие выбросов и произвести максимум ценных конечных продуктов для реализации их на рынке.

В настоящее время существует ряд способов хранения и переработки твердых бытовых отходов, а именно: предварительная сортировка, санитарная земляная засыпка, сжигание, биотермическое компостирование, низкотемпературный пиролиз, высокотемпературный пиролиз. Патентный поиск изобретений и полезных моделей, а также Интернет-обзор существующих установок позволили сформировать следующую классификацию, приведенную на рис. 1.

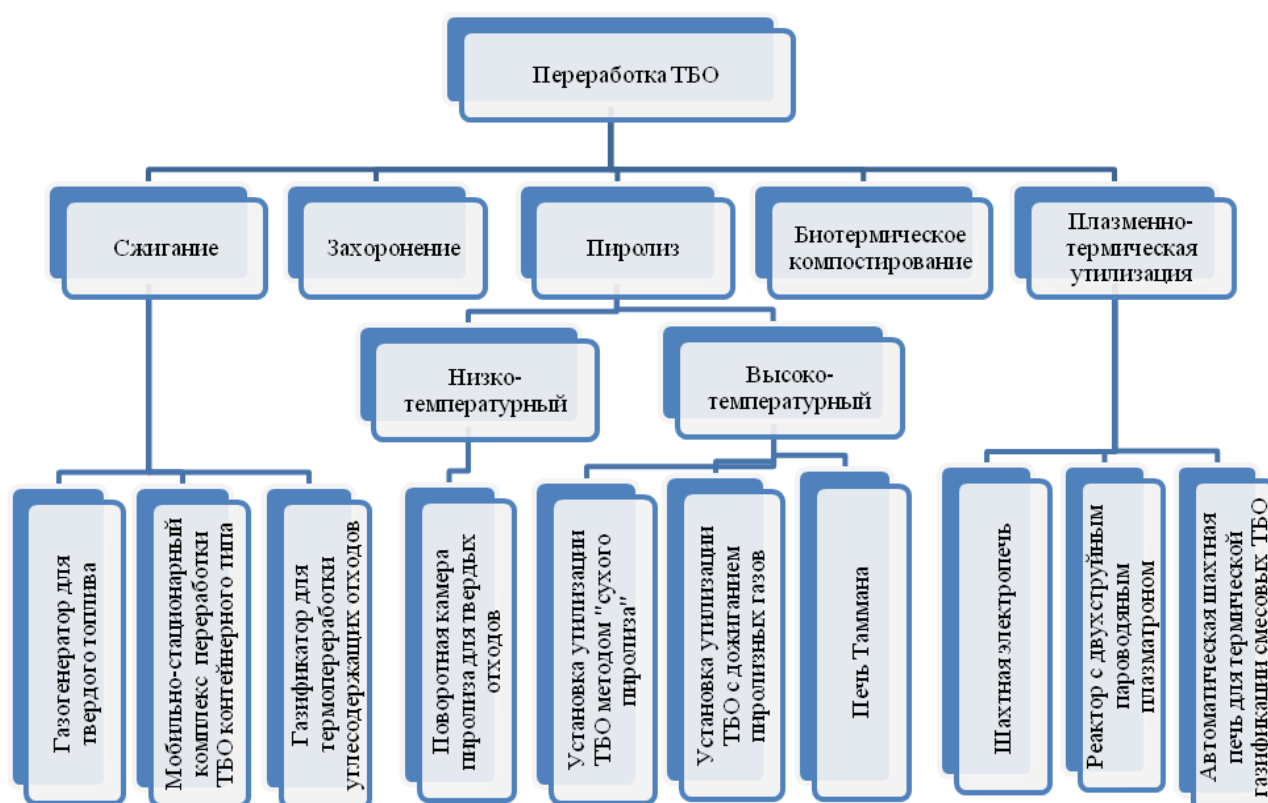


Рис. 1. Структурная схема методов и средств для утилизации ТБО

Существующие установки по переработке ТБО многообразны и разнородны. Некоторые из них имеют сложную конструкцию и неосуществимы в обычных условиях. Большие стационарные комплексы имеют сложную систему автоматики и обширные площади для функционирования.

Высокотемпературный пиролиз является одним из самых перспективных направлений переработки твердых бытовых отходов, как для создания экологической безопасности, так и для получения вторичных полезных продуктов синтез-газа, шлака, металлов и других материалов, которые могут найти широкое применение в народном хозяйстве. Этот способ утилизации ТБО, по существу, есть не что иное, как газификация мусора. Высокотемпературная газификация дает возможность экономически выгодно, экологически чисто и технически относительно просто перерабатывать отходы без их предварительной подготовки, т. е. сортировки, сушки и т.д. Более подробная информация по этому вопросу изложена в работе [1].

Технологическая схема этого способа предполагает получение из общей массы отходов вторичного синтез-газа с целью использования его для получения пара, горячей воды, электроэнергии. Составной частью процесса высокотемпературного пиролиза являются твердые продукты в виде шлака, т. е. непиролизуемые остатки. Технологическая цепь этого способа утилизации состоит из четырех последовательных этапов: отбор из мусора крупногабаритных предметов, цветных и черных металлов с помощью электромагнита и путем индукционного сепарирования; переработка подготовленных отходов в газофикаторе для получения синтез-газа и побочных химических соединений; очистка синтез-газа с целью повышения его экологических свойств и энергоемкости, охлаждение и поступление его в скруббер для очистки щелочным раствором от загрязняющих веществ соединений хлора, фтора, серы, цианидов; сжигание очищенного синтез-газа в котлах-утилизаторах для получения пара, горячей воды или электроэнергии.

Анализируя все предлагаемые конструкции установок и способы переработки ТБО, выбор остановили на печи Таммана. Печь представляет собой вертикально установленный цилиндр, изготовленный из особой тугоплавкой стали. Сверху и снизу цилиндр закрыт крышками, охлаждаемыми водой. Металлический корпус цилиндра заземлен, поэтому никакие электромагнитные поля не могут проникнуть внутрь цилиндра. Внутри печи в тигель закладывается металл и плавится с помощью нагревательного элемента, в качестве которого используется графитовая трубка.

При проектировании опытного образца новой установки по переработке ТБО будет использована измененная конструкция данной установки, дополненная необходимыми конструктивными элементами. На рис. 2 изображена принципиальная схема предлагаемой установки.

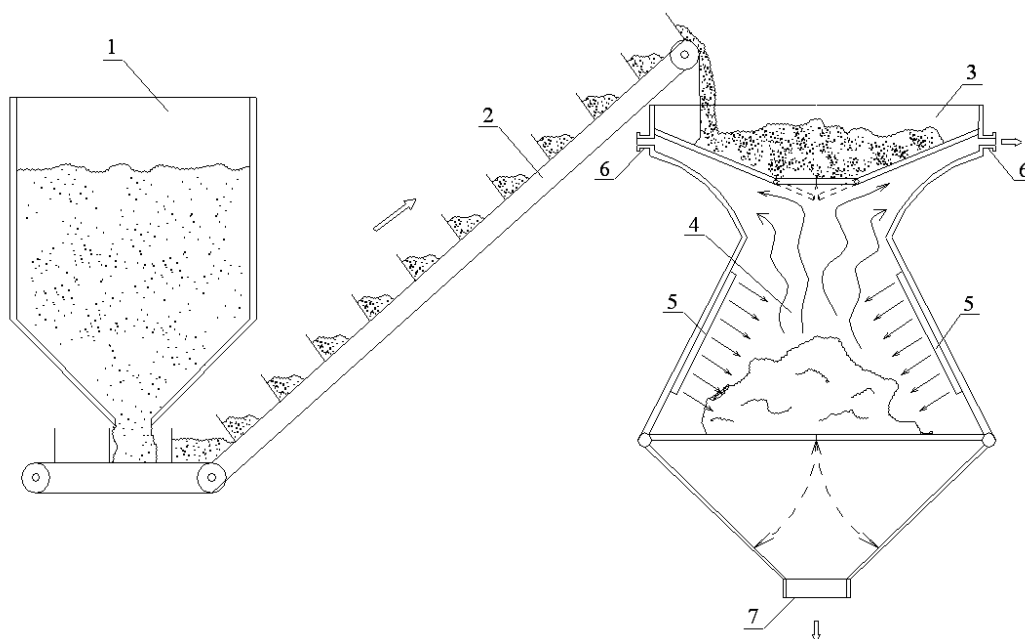


Рис. 2. Принципиальная схема разрабатываемого газификатора для утилизации ТБО, в состав которого входят: 1 – бункер для загрузки ТБО; 2 – конвейер для подачи ТБО; 3 – сушильная камера; 4 – газификационная камера; 5 – графитовые стержни; 6 – патрубок для отвода пиролизного газа, образующегося в процессе газификации; 7 – патрубок для отвода шлака.

Для загрузки ТБО используется загрузочный бункер 1 с дозирующим конвейером 2. За основу данного компонента взята запатентованная установка поворотной камеры пиролиза для твердых отходов [2, 3]. Затем ТБО попадают в сушильную камеру 3, где происходит удаление влаги. Подготовленные отходы попадают в газификационную камеру 4. На наклонных поверхностях по периметру камеры установлены нагревательные элементы 5, в качестве которых выступают графитовые стержни. В основе данного конструктивного элемента положена принципиальная схема печи Таммана. В результате высокотемпературного пиролиза при нагреве ТБО происходит выделение газа, отводимого посредством патрубков 6 в газгольдер. Уходящие газы нагревают сушильную камеру 3. В результате пиролиза образуется практически однородная масса шлака, удаляемая через патрубок 7.

Подобная конструкция обеспечивает дозированную подачу отходов, высокую скорость прогрева газификационной камеры, низкий уровень энергопотребления, а также экологичность процесса переработки ТБО.

Дальнейшим направлением работы станет формирование концепции разработки указанной установки, а также создание опытного образца для проведения исследований в области утилизации твердых бытовых отходов.

Литература

1. Русаков, М.Р. Предложения по разработке экологически чистых высокоинтенсивных технологий переработки бытовых и промышленных отходов, содержащих цветные металлы / М.Р. Русаков, Г.В. Востриков. – С-Пб.: Институт Гипроникель, 1993.
2. Пат. 2126847. Российская Федерация, 22В7/00, 1999. Способ переработки бытовых и промышленных отходов.
3. Пат. 2194801. Российская Федерация, 22В7/00, 2005. Способ извлечения серебра из отходов.

АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЕРМОВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ

В.А. Боровков

Научный руководитель Д.А. Белянский

Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Развитие строительной индустрии неразрывно связано с увеличением спроса на продукцию строительных материалов на рынке, при этом требования к качеству изделий постоянно возрастают. Ввиду этого, стремление руководителей модернизировать действующие производства способствует развитию «здоровой конкуренции» среди производителей. Чтобы повысить конкурентоспособность продукции на рынке, в первую очередь, нужно автоматизировать длительные и энергоемкие технологические процессы, поскольку понижается себестоимость изделия. Одним из таких технологических процессов является сушка керамического кирпича. Каждый вид продукции характеризуется различными габаритами и пустотностью, достигающей 55%, а, следовательно, процесс удаления влаги из кирпича-сырца будет носить индивидуальный характер.

При проведении стадии сушки изделий необходимо учитывать климатические условия добычи и предварительной обработки исходного сырья, а также его физико-химические характеристики.

Исходя из этого, технологический процесс сушки керамического кирпича приходится проводить в широком диапазоне изменения входных параметров, таких как температура, скорость, подача воздуха и время. Однако, на деле в зависимости от выбора типа производимого кирпича, регламент сушки изделий на предприятиях остается неизменным.

В результате, количество бракованных изделий может достигать до 30% от общего объема выпуска.

Таким образом, проблема организации оптимального управления процессом сушки керамического кирпича является весьма актуальной. Для этого необходимо знать, как меняется температура и влажность изделия в течение всего технологического процесса сушки. Однако, ограниченность пространства в сушильной печи не позволяет осуществлять какие-либо замеры с помощью датчиков, непосредственно связанных с компьютером.

Для решения поставленной задачи сотрудниками кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» был выполнен комплекс работ, связанный с выбором схемы измерений температуры в некоторых локальных точках заготовки из кирпича-сырца. В опытный образец (см. рис. 1) встраивается миниатюрный прибор, состоящий из датчика, передающей системы, приемника накопителя информации. Основной задачей такой автономной системы является запись функции температуры внутри кирпича-сырца за период времени прохождения образца через туннельные сушила (см. рис. 2 В). Прибор способен с достаточной точностью фиксировать измерения через равные промежутки времени с разрешением $0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне изменения температур от -55 до 125°C . После того как данные накоплены в Flash-памяти, они могут быть считаны в виде текстовых или кодовых файлов непосредственно в память стационарного компьютера с помощью специальной программы. Результаты, полученные из Flash-памяти прибора, обрабатываются с помощью стандартных приложений Microsoft Office.

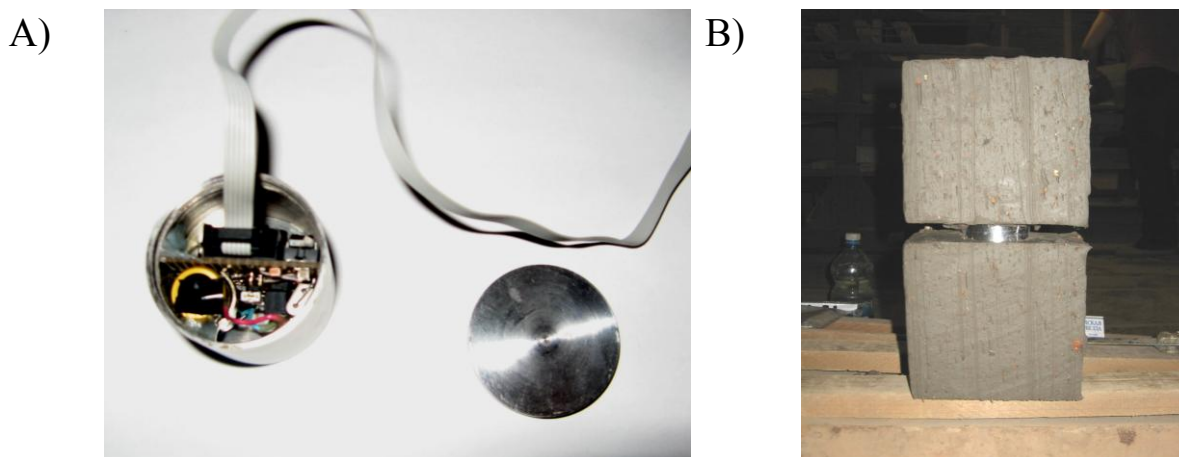
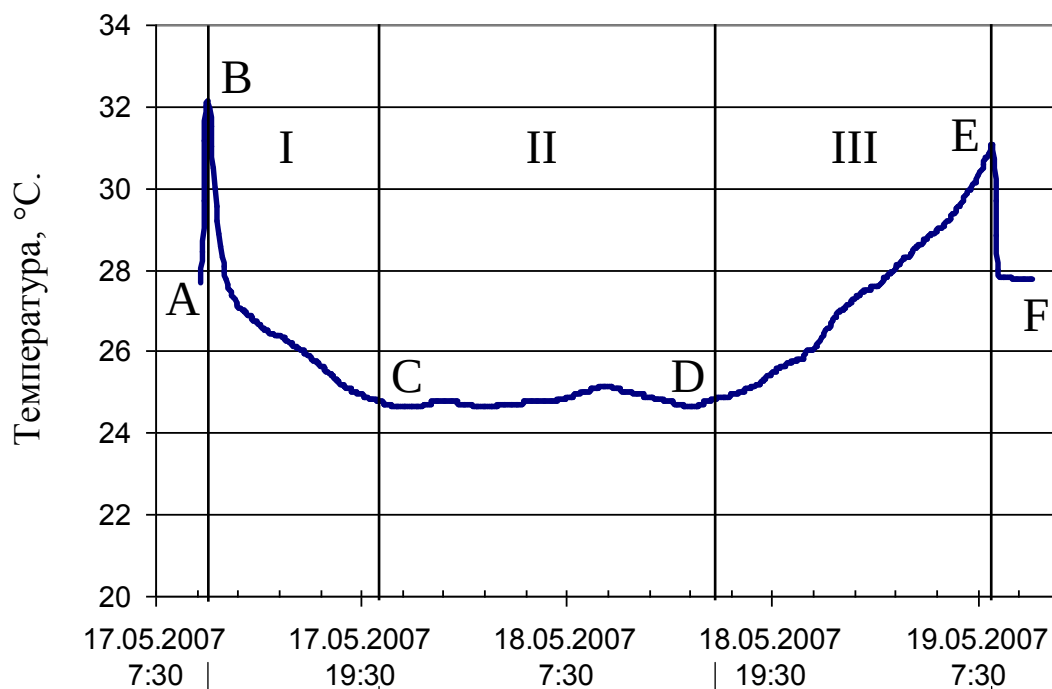


Рис. 1. Автономное устройство контроля термо-влажностных параметров среды:

А) Внешний вид датчика температуры, В) Способ его установки в кирпиче

В туннельной печи осуществляется конвективная сушка кирпича-сырца за счёт теплоты горячего воздуха ($50-60^{\circ}\text{C}$), движущегося противотоком направлению движения вагонетки. Сопоставляя экспериментальные данные по изменению температурно-влажностных параметров кирпича с технологией удаления влаги в подобных устройствах, можно сделать выводы о периодах сушки [1], [2]. Например, по графику (см. рис. 2 А) сделаны следующие выводы.

А) Динамика изменения температуры внутри кирпича.



В) План туннеля сушильной печи.

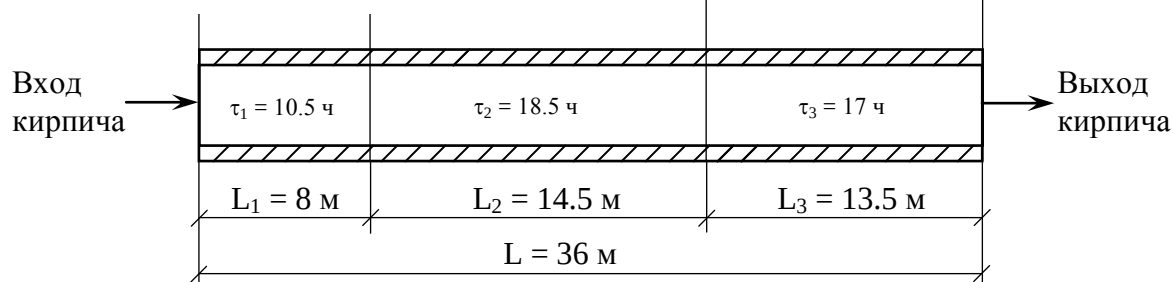


Рис. 2. Диаграмма температуры сушки кирпича-сырца.

На участке АВ — фиксируется рост температуры датчика с температуры окружающей среды до температуры кирпича-сырца; участок ВСДЕ — изменение температуры после загрузки заготовки в сушильную камеру; EF — остывание кирпича до температуры наружного воздуха. По данным опыта можно сказать, что температура внутри заготовки понижается на участке CD в связи с затратами энергии подводимой теплоты на испаре-

ние влаги. После того как кирпич полностью высушен, его температура повышается (участок DE).

Проведя анализ существующих научно-технических разработок в этой области, а также оценку конкурентоспособности продукта, можно выделить несколько наиболее известных устройств швейцарской компании Rotronic и американской компании Dallas Semiconductor.

Таблица

Сравнительный анализ существующих автономных датчиков измерения влажности и температуры

Критерии прибора	Rotronic	Dallas Semiconductor	Устройство измерения температуры
Габаритные размеры	59 см ³	1.5 см ³	20 см ³
Количество контрольных точек	от 1 до 2	1	от 1 до 64
Способ соединения с ПК	USB интерфейс для настройки и передачи данных	Считывание данных из прибора осуществляется с помощью специализированного устройства и программного обеспечения	1. USB интерфейс для настройки и передачи данных; 2. Bluetooth соединение.
Виды измерений	Температура, влажность	Температура	Температура, влажность
Диапазоны измерений	-25 до +80° С, 0 до 100 %	-55 до +125° С	-55 до +150° С, 0 до 100 %
Защита от пыли, влаги и динамического воздействия	Корпус выполнен из пластмасс	Корпус устойчив к вибрациям, ударам и другим механическим воздействиям	Корпус устойчив к вибрациям, ударам и другим механическим воздействиям
Цена за шт.	2500-3000 руб.	600-750 руб.	1500-2000 руб.

Сравнительный анализ (см. таблицу) показал преимущества автономного датчика измерения влажности и температуры над существующими аналогами по нескольким критериям: количество контрольных точек может достигать 64 шт. по температуре и по влажности одновременно. В производстве, где доступ к датчику весьма затруднён, есть возможность дистанционного сбора информации через **Bluetooth** соединение. Более высокий диапазон измерения температуры. Корпус устройства может выполняться из легированной или нержавеющей стали, способен выдерживать высокие нагрузки.

Анализ маркетинговой среды показал возможность применения прибора в следующих отраслях хозяйственной деятельности:

- заводы железобетонных конструкций;
- предприятия пищевой промышленности;
- деревообрабатывающие предприятия;
- теплицы, оранжереи;
- складские помещения;
- научно-исследовательские изыскания.

Процесс создания экспериментального образца и доведения его до промышленного включает следующие этапы:

- проведение теоретических и экспериментальных исследований с целью получения достаточных теоретических и достоверных экспериментальных результатов для решения поставленных научно-исследовательских задач;

- обобщение и оценка результатов исследований, выпуск отчетной научно-технической документации по работе; оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем (в том числе оценки создания конкурентоспособной продукции и услуг);

- предъявление результатов работ к приемке.

Таким образом, существующий научно-технический задел и проведенные выше исследования позволяют говорить о том, что данная разработка является весьма актуальной и может быть завершена в течение двух лет.

Литература

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Белянский Д.А. Расчетно-экспериментальная идентификация балансовой модели теплообмена в ограждающей поверхности / В.И. Игогин, В.Г. Пычёв // Вестник МАНЭБ. – Т.14. – Номер 1. – 2009. – С. 79-95.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Н.В. Другова

Научный руководитель А.А. Сеницын, канд. техн. наук
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

В связи с высокими ценами на жилье в больших городах все более актуальным является строительство индивидуального дома в пригородной и сельской местностях. Благодаря тому, что сельская местность значительно менее развита, чем городская, субсидирование сельского хозяйства является весьма привлекательным способом поддержки сельского населения. К таким способам относится реализация приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», городских целевых программ, мероприятий по экономии энергоресурсов и бюджетных средств.

Поселки и индивидуальные загородные дома расположены в пригородной зоне, где зачастую существует проблема с тепло- и электроснабжением. Дачные дома вообще лишены отопления, что создает малокомфортные условия проживания в холодный и межсезонный периоды. Для решения существующей проблемы необходимо использовать альтернативные источники энергии. И наиболее эффективным решением является электрическая энергия, получаемая за счет использования энергии ветра.

Данная работа направлена на разработку конструкции автономного энергетического комплекса, в котором в качестве источника энергии используется ветровая энергоустановка мощностью 1,0-2,0 кВт с преобразованием энергии ветра вначале в электрическую, а затем в тепловую энергию. Особенностью установки является отсутствие накопителя электрической энергии в виде аккумулятора или иного устройства, что значительно удешевляет энергоустановку. Аккумулирование энергии происходит в водяном контуре системы теплоснабжения.

Известны способы получения и конструкции ветроэнергетических установок как в большой, так и в малой энергетике, состоящие из следующих компонентов: ветровое колесо, привод генератора, генератор, электрический аккумулятор (конденсатор) большой емкости. Новизна предлагаемого проекта заключается во внедрении ветроэлектрогенератора в качестве источника электрической энергии в схему установки автономного теплоснабжения, работающего на основе теплогенератора По-

тапова. Более подробную информацию можно получить в работе [3]. Это позволит значительно снизить стоимость всего автономного комплекса, сделать ее доступной для изготовления в условиях малого предприятия и востребованной семьями, занимающимися огородничеством на дачных участках, а также для разработчиков, занимающихся возведением поселков коттеджного типа.

Исследование данного вопроса потребовало проработки существующих на данное время источников литературы и патентов на подобные изобретения. Из обзора литературы следует, что одним из направлений развития современной энергетики, является разработка энергосберегающих технологий на основе гидродинамических теплогенераторов, обеспечивающих преобразование энергии в вихревых потоках жидких сред, а также разработка ресурсосберегающих технологических процессов с их использованием. Проведенный анализ работ авторов [1-4] показал, что в вихревых гидравлических теплогенераторах превращение механической энергии в тепловую осуществляется за счет вихревого течения ассоциированной жидкости в режиме кавитации. При этом однофазная жидкая среда превращается в двухфазный жидкостно-газовый вихревой поток и снова в однофазную жидкость. Двухфазное газожидкостное течение может сопровождаться фазовыми превращениями – конденсацией и испарением.

На рынке существует широкий ассортимент кавитационных и вихревых теплогенераторов (ВТГ-2, ЮСМАР, ФИСОНИК, ТРАНССОНИК и др.). Область применения их очень широка: от автономных систем отопления до полировки поверхностей деталей.

Основной идеей проекта является разработка энергоэффективной инновационной установки на базе кавитационного теплогенератора как источника теплоснабжения и внедрение автономного ветроэлектрогенератора в качестве источника для работы нагнетателя. Нагрев жидкости и обеспечение теплом объекта осуществляется при многократной циркуляции теплоносителя. В связи с этим главной целью проекта является разработка оптимальной схемы комплекса автономного теплоснабжения, которая бы соединяла источник электрической и тепловой энергии.

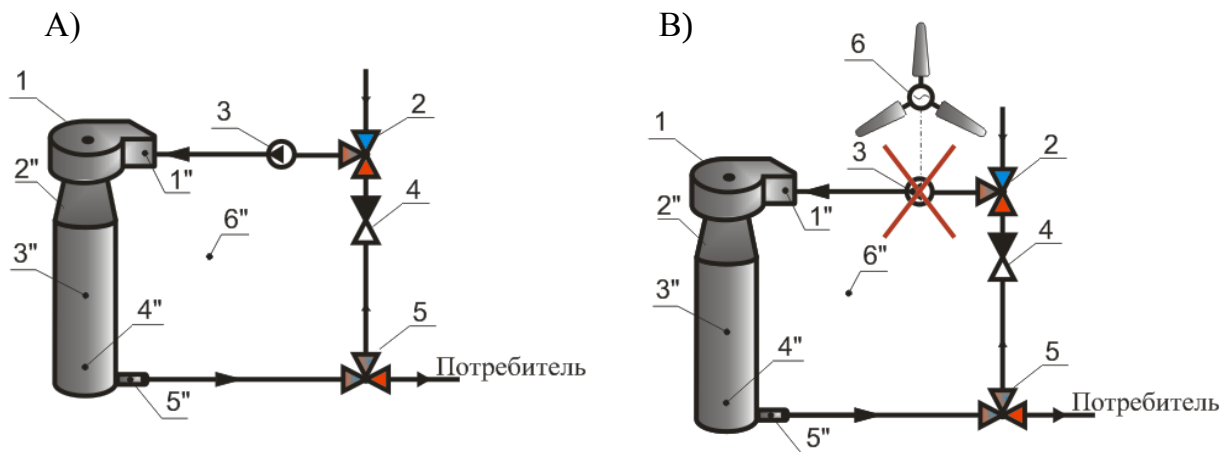
На базе кафедры теплогазоснабжения и вентиляции в Вологодском государственном техническом университете был проведен ряд экспериментов по исследованию работы кавитационного теплогенератора Потапова. Схема существующей и действующей установки представлена на рис. 1.

Работа установки основана на многократной циркуляции теплоносителя через теплогенератор Потапова (1) под действием циркуляционного насоса (3). Принцип работы теплогенератора Потапова заключается в

получении пузырьков в вихревом потоке [3]. Образование скоростного вихревого потока в корпусе теплогенератора на входе создается за счет ускорителя. Конструкция обеспечивает закручивание и образование вихревого потока. На выходе выполняется резкое торможение потока, сопровождающееся резким возрастанием давления в тормозном устройстве, при этом в камере происходит разрыв потока жидкости и образование парогазовых полостей. Это явление называется кавитацией, которое сопровождается точечным всхлапыванием множества возникших пузырьков и локальным повышением температуры. Поэтому при многократном прохождении потока через аппарат теплоноситель достигает необходимых параметров [5].

За работой схемы следит блок автоматики из трехходовых регулирующих клапанов с системой регулирования и датчиками температуры. Клапан 5 открывается на прямой проход при получении температуры, выставленной потребителем. Одновременно открывается клапан 2, обеспечивающий водоснабжение воды в системе индивидуального теплоснабжения.

Новизна внедряемого комплекса основана на том, что вместо известного центрального электроснабжения используется энергия от ветроэлектрогенератора. Принцип нагрева теплоносителя и обеспечения теплоснабжения объекта осуществляется за счет многократной циркуляции теплоносителя.



1 – кавитационный теплогенератор Потапова; 2, 5 – трехходовой клапан;

4 – обратный клапан; 6 – ветроэлектрогенератор;

Точки замера: 1'' – изменение температуры теплоносителя на входе в теплогенератор, $^{\circ}\text{C}$; 2'' – изменение температура теплоносителя на в стенке, $^{\circ}\text{C}$;

3'' – изменение температура теплоносителя в центре канала, $^{\circ}\text{C}$;

4'' – изменение температуры теплоносителя перед выходным патрубком, $^{\circ}\text{C}$;

5'' – изменение температуры теплоносителя на выходе из теплогенератора, $^{\circ}\text{C}$;

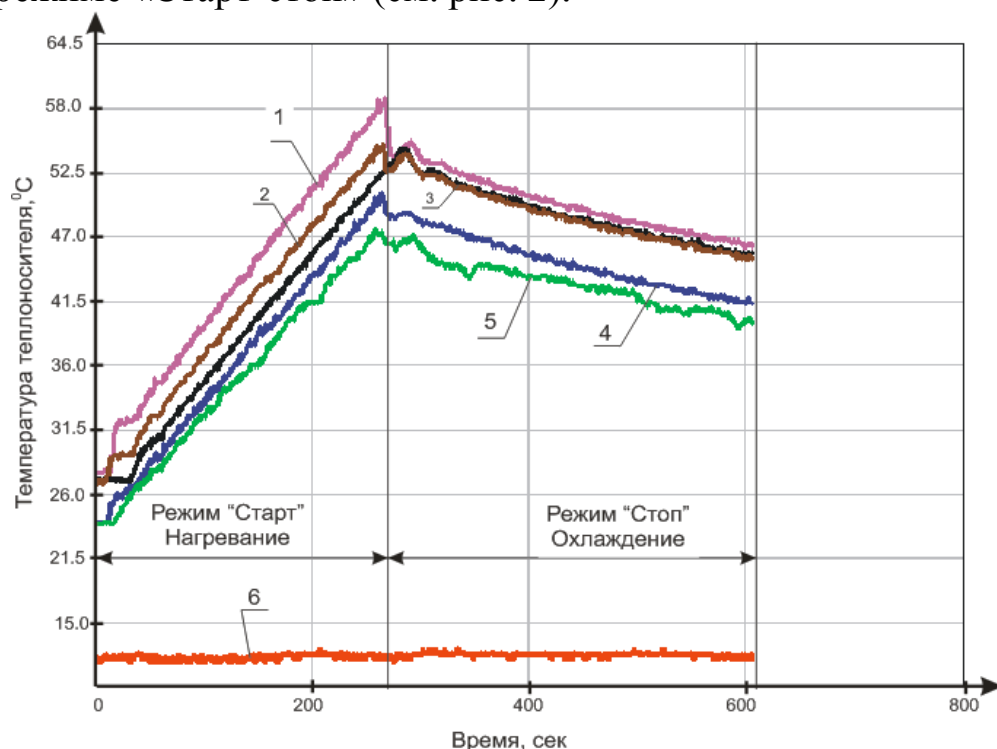
6'' – температура воздуха помещения, $^{\circ}\text{C}$.

Рис. 1. Схема системы автономного теплоснабжения

А) система с насосной циркуляцией (питание от электросети)

Б) автономная система с электроприводом от ветроэлектрогенератора

Исследования проводились при разных начальных условиях. Получены и обработаны графические зависимости изменения температуры теплоносителя в теплогенераторе при многократной циркуляции жидкости в режиме «Старт-стоп» (см. рис. 2).



- 1" - изменение температуры теплоносителя на входе в теплогенератор, °C
 2" - изменение температуры теплоносителя на в стенке, °C
 3" - изменение температуры теплоносителя в центре канала, °C
 4" - изменение температуры теплоносителя перед выходным патрубком, °C
 5" - изменение температуры теплоносителя на выходе из теплогенератора, °C
 6" - температура воздуха помещения, °C

Рис. 2. Результаты экспериментов исследования работы установки в режиме «Старт – Стоп»

На рис.2 представлен температурный график нагрева теплоносителя в системе в режиме «Старт – стоп». Эксперимент проводился при следующих исходных данных: Мощность кавитационного теплогенератора $Q=6$ кВт. Начальная температура среды 28°C ; сила тока, подводимая к источнику, 12 А.

Использование старт-стопного режима позволяет поддерживать в доме постоянную температуру в $5-10^{\circ}\text{C}$ в зимний и осенне-весенний периоды за счет выделения тепла, полученного от кавитационного теплогенератора в комплексе с ветровой энергоустановкой, подключенной на насос, что создает нормальный тепловлажностный режим и комфортные условия. В апреле–мае и августе–октябре автономная энергоустановка может быть использована для обогрева теплиц на садовом участке. Область применения энергоустановки: использование для отопления дач-

ных домиков, теплиц и других помещений в постоянном временном режиме без необходимости присутствия человека.

Предварительные экономические расчеты показали экономическую эффективность при внедрении подобных устройств в производство ввиду их энергоемкости и высокой эффективности.

Для превращения идеи в конечный проект и выход его на рынок требуется срок - 2 года. В течение этого периода идея будет доведена до опытного образца; результатом двухлетней работы станет разработка конструкторской документации для создания установки для оттаивания мерзлых грунтов.

Литература

1. Халатов, А.А. Теория и практика закрученных потоков / А.А. Халатов. – Киев: Наука. Думка, 1989. – 192 с.
2. Исаков, Ф.Я. О теплотворной способности гидродинамической кавитации / Альтернативная энергетика: Выпуск 5. Вестник КамчатГТУ, 2005.- С.148-153.
3. Потапов, Ю. С. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения / Ю. С. Потапов, Л. П. Фоминский / Кишинев – Черкассы: Изд-во «ОКО-Плюс», 2000. – 333 с.
4. Тарнопольский, А.А. Вихревые теплогенерирующие устройства: Монография / А.А. Тарнопольский. – Пенза: Изд-во Пенз. гос.ун-та, 2007. – С. 167 – 182.
5. Стратунов, О.В. Исследование гидротермических характеристик электротеплогенератора / О.В. Стратунов, А.А. Куцентов // Молодые исследователи – регионам: Материалы всероссийской научной конференции студентов и аспирантов. В 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т.1. – 2009. – С. 305-307.

О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ ПО УЛИЦЕ МИРА, 1 В ГОРОДЕ ВОЛОГДЕ

А.А. Емельянов

*Научный руководитель Е.Б. Гительман, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

В настоящее время в центральной части города Вологды завершаются работы по реконструкции пятиэтажного здания по улице Мира, 1. Это здание было построено в 60-х годах XX века и находящиеся в нём поме-

щения использовались для различного назначения. В течение последних 30 лет на первом этаже здания располагалось ателье «Силуэт», а этажи со второго по пятый занимало профессиональное училище № 34, выпускающее специалистов швейного дела.

При реконструкции данного здания под административное, которое выполняется по заказу ГУ «Управление по эксплуатации зданий» Правительства Вологодской области, осуществляется замена оконных и дверных проёмов, перепланировка помещений, а также замена всех инженерных коммуникаций и систем.

В связи с реконструкцией здания и его перепланировкой, по заказу ООО «Инженерные сети», нами разработан проект устройства в данном здании современных систем вентиляции.

Для обеспечения комфортных условий и поддержания оптимальных или допустимых температурно-влажностных параметров в помещениях здания, а также с целью экономии энергии, предлагается выполнить приточно-вытяжную механическую вентиляцию с рекуперацией тепловой энергии на базе приточно-вытяжных установок фирмы «Remak» (Чехия).

Всего в здании предусматривается смонтировать 4 приточных и 14 вытяжных систем механической вентиляции.

Система П1 приточной механической вентиляции – предназначена для подачи воздуха в помещения подвала. Система П2 – запроектирована для подачи воздуха в помещения 1 этажа. Система П3 – предусматривает подачу приточного воздуха в помещения 2 и 3 этажей. Система П4 – предназначена для подачи воздуха в помещения 4 и 5 этажей здания.

Система В1 вытяжной механической вентиляции – предназначена для удаления вредных веществ из помещений подвала. Система В2 – предусмотрена для удаления вредных веществ из помещений 1 этажа. Система В3 – предназначена для удаления вредных веществ из помещений 2 и 3 этажей. Система В4 – запроектирована для удаления вредных выделений из помещений 4 и 5 этажей. Системы В5 – В14 – предназначены для удаления вредных веществ из санитарных узлов, находящихся в здании.

Воздуховоды и фасонные части приточно-вытяжной вентиляции монтируются в пределах подвесного потолка. Воздуховоды круглого, прямоугольного и плоскоовального сечений выполнены из оцинкованной стали толщиной $\delta = 0,5$ мм и из условий безопасной эксплуатации заземлены.

Приточный воздух системам П1, П2, П3, П4 подается через воздухо-распределительные решетки АМР и диффузоры типа ДПУ-М и ДПУ-К фирмы «Арктос» (Россия), а также через воздухо-распределительные уст-

ройства типа SINUS фирмы «Systemair» (Швеция). В 14 запроектированных системах механической вытяжной вентиляции удаление воздуха производится через решетки АМР и диффузоры ДПУ-М и ДПУ-К.

Для регулирования расходов приточного и вытяжного воздуха системы вентиляции, а также для проведения пусконаладочных работ на воздуховодах предусмотрена установка дроссельных клапанов.

Для предотвращения распространения пожара и продуктов горения по воздуховодам, шахтам и каналам систем вентиляции, а также для защиты проемов и ограждающих конструкций при пожаре, в системах вентиляции предусмотрена установка противопожарных клапанов.

По результатам определения воздухообменов и выполненных аэродинамических расчетов для приточно-вытяжных систем подвала, 1, 4 и 5 этажей подобраны соответствующие установки «Vento» фирмы «Remak», для помещений 2 и 3 этажей - установка AeroMaster, также фирмы «Remak».

Снабжение тепловой энергией оборудования приточно-вытяжных систем вентиляции осуществляется от тепловой сети здания, подключенной к Вологодской ТЭЦ.

Для утилизации тепловой энергии предусмотрено комплектование приточно-вытяжных установок Vento пластинчатыми рекуператорами теплоты и роторным теплоутилизатором - установки AeroMaster.

Годовой технико-экономический эффект от установки рекуператоров теплоты в указанных выше системах приточно-вытяжной вентиляции составляет 324 тыс. рублей.

РАЗРАБОТКА ЧАСТНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Е.В. Зинина, А.О. Корякина

*Научный руководитель **В.С. Уткин**, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Теория расчета надежности любой железобетонной конструкции на стадии эксплуатации зависит от полноты статистической информации, от структурной схемы системы и от математической модели предельного состояния. Рассмотрим определение надежности на примере железобе-

тонной балки прямоугольного сечения с одиночной арматурой при изгибе без трещин (рис. 1).

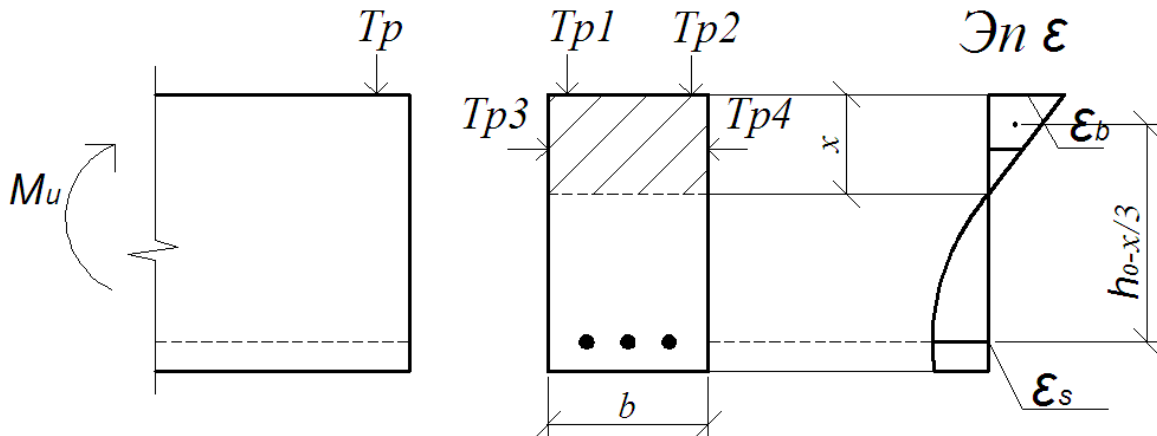


Рис. 1. Фрагмент поперечного сечения балки и эпюра деформаций

Момент от эксплуатационной нагрузки найдем из следующей формулы:

$$\tilde{M}_{u,P} = A_s \tilde{\varepsilon}_s E_s (h_0 - x/3). \quad (1)$$

Элемент предварительно разгружают от собственного веса и веса от оборудования. Вместо этого элемент нагружают в противоположном направлении и находят M_{ou} по той же формуле:

$$M_{ou} = A_s \varepsilon_s E_s (h_0 - x/3). \quad (2)$$

Момент M_{ou} считают детерминированной величиной, т.к. его изменчивость вызывается только изменчивостью результатов измерений средств измерения.

Затем измеряются значения $\tilde{M}_{u,P}$ от внешней нагрузки в течение некоторого времени (путем мониторинга). Момент $\tilde{M}_{u,P}$ является нечеткой переменной. Окончательно можно записать:

$$\tilde{M}_u = \tilde{M}_{u,P} + M_{ou} \leq A_s \tilde{\varepsilon}_s E_s (h_0 - x/3) + M_{ou}. \quad (3)$$

Математическая модель предельного состояния железобетонного элемента по критерию прочности арматуры в наиболее напряженном сечении примет вид:

$$A_s \tilde{\varepsilon}_s E_s (h_0 - x_\phi / 3) + M_{ou} \leq A_s \tilde{\sigma}_T (h_0 - x/2), \quad (4)$$

x_ϕ – фактическая высота сжатой зоны бетона.

Высоту сжатой зоны бетона можно найти экспериментально по эпюре деформаций или теоретически из формулы (экспоненциальной):

$$\varepsilon_s E_s = \sigma_s = \frac{\sigma_{scu} E_s}{1 - \left(\frac{\omega}{1.1} \right)} \left(\frac{\omega}{\xi} - 1 \right), \text{ где } \xi = \frac{x_{\phi}}{h_0} \quad (5)$$

$\omega = 0,85 - 0,008R_b$ - для тяжелого бетона,

$\omega = 0,8 - 0,008R_b$ - для бетона на легких заполнителях.

Величину ω так же будем считать детерминированной.

$\sigma_{scu} = \varepsilon_{ub} E_s = 680 \text{ МПа}$ при $\varepsilon_{ub} = 0,0034$ (по табл. 5.6 СП 52-101-2003).

Для сокращения записи обозначим:

$$\tilde{X} = A_s \tilde{\varepsilon}_s E_s (h_0 - x_{\phi} / 3) + M_{ou} \text{ и } \tilde{Y} = A_s \tilde{\sigma}_T (h_0 - x / 2).$$

Условие отказа можно записать в виде:

$$\tilde{X} \geq \tilde{Y}. \quad (6)$$

На практике возможна ситуация, в которой часть параметров обладает полной информацией, а другая часть параметров обладает ограниченной информацией. В этом случае расчет надежности можно производить двумя методами. В первом методе параметры с полной статистической информацией можно рассматривать как нечеткие переменные (в терминах теории возможностей), т.е. не пытаться использовать всю полезную информацию, а ограничиться крайними значениями вариационного ряда значений этой величины, а также считать, что параметры модели взаимно независимы. Теория расчета в этом случае известна, и результаты такого расчета в некоторых случаях отличаются существенной размытостью и соответственно малой информативностью. Предлагается разработать и использовать методику расчета железобетонной конструкции по второму методу, названному комбинированным, основы которого можно найти в работах авторов [1, 2, 3]. В этом методе параметры с полной статистической информацией, называемые в дальнейшем вероятностными (случайными), должны характеризоваться тем или иным законом распределения с известными его параметрами. Например нормальным (гауссовским) распределением и с параметрами в виде математического ожидания и среднего квадратического отклонения [4]. Примем $\tilde{\sigma}_T$ - случайной величиной с нормальным законом распределения с известной плотностью распределения вероятности $\rho(\sigma_T)$. В обобщенном виде для нормального распределения имеем

$$\rho(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_x} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2S_x^2}},$$

где m_x – математическое ожидание случайной величины x , S_x – среднеквадратическое отклонение, x – возможностное значение X . Параметры с ограниченной информацией ($\tilde{\varepsilon}_s$), которые называются нечеткими переменными в терминах теории возможностей, будем характеризовать функцией распределения возможностей (ФРВоз) и соответствующими параметрами [5,6]. На практике расчетов надежности широко используется ФРВоз вида:

$$\pi_x(x) = \exp\left\{-\left[(x - a_x)/b_x\right]^2\right\}, \quad (7)$$

где $a_x = 0,5(X_{\max} + X_{\min})$,

$$b_x = 0,5(X_{\max} - X_{\min})/\sqrt{-\ln \alpha}, \alpha \in [0,1].$$

Значения $X_{\max}$ и $X_{\min}$ выбираются из вариационного ряда измерений (наблюдений) нечеткой переменной x . Значением уровня среза (риска) α задаются. На рис.2 представлена в графической форме функция (7).

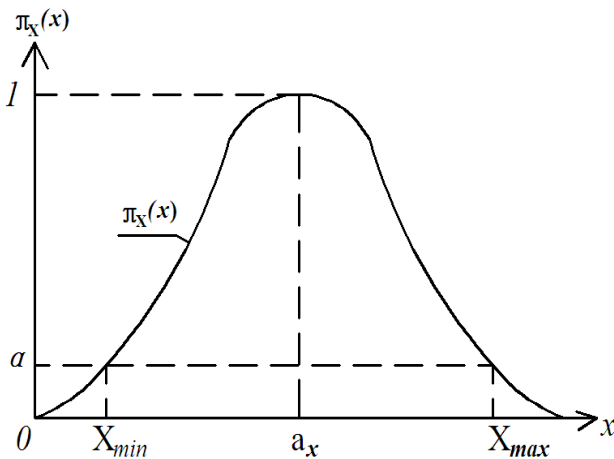


Рис. 2. ФРВоз $\pi_x(x)$

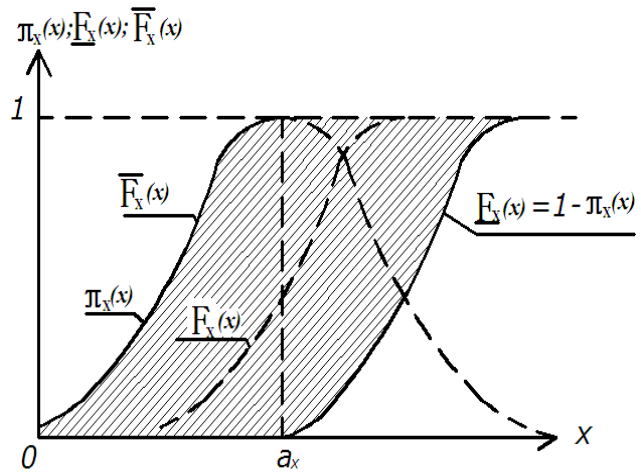


Рис. 3. ФРВоз $\pi_x(x)$ и функции $F_x(x)$, $\bar{F}_x(x)$

Нечеткую переменную X можно характеризовать также функциями распределения вероятностей. Одна из этих функций – $F_x(x)$ называется нижней функцией распределения, другая – $\bar{F}_x(x)$ называется верхней. На рис.3 показаны эти функции.

Истинная функция распределения возможностей $F_x(x)$ находится в заштрихованной области графика (рис.3). По условию согласованности в теории возможностей [3] имеем $\bar{F}_x(x) \geq F_x(x) \geq F_x(x)$ [6].

Известно из [7] и [8], что для расчета надежности или при определении вероятности отказа в вероятностных методах при наличии в математической модели предельного состояния только случайных величин, не взаимодействующих для последовательной системы, в понятиях теории

надежности, для определения вероятности отказа используется общая формула:

$$Q = \int_V \dots \int_V \prod_{i=1}^n \rho_i(x_i) dx_i, \quad (8)$$

где n – число случайных величин, V – область отказа, $\rho_i(x_i)$ – функция плотности распределения, т.е. производная от функции распределения $F_{xi}(x)$ по аргументу x_i , $\rho_i(x_i) = dF_{xi}(x_i)/dx_i$.

Принятие условия независимости случайных величин приводит к снижению расчетной надежности, т.е. к большей гарантированности в оценке отказа или безотказной работы системы, в частности балки. Для нечетких переменных из рис.3 видно, что функции распределения (нижние и верхние) нечеткой переменной x выражаются через ФРВоз (7) и имеют вид:

$$\underline{F}_x(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a_x \\ 1 - \pi_x(x), & \text{если } x > a_x \end{cases}; \quad \overline{F}_x(x) = \begin{cases} \pi_x(x), & \text{если } x \leq a_x \\ 1, & \text{если } x > a_x \end{cases}. \quad (9)$$

Из рис.3 видно, что функции плотности распределения также могут быть найдены через ФРВоз (7) в виде:

$$\underline{\rho}_x(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a_x \\ -\frac{d\pi_x(x)}{dx}, & \text{если } x > a_x \end{cases}; \quad \overline{\rho}_x(x) = \begin{cases} \frac{d\pi_x(x)}{dx}, & \text{если } x \leq a_x \\ 0, & \text{если } x > a_x \end{cases}. \quad (10)$$

Если принять для расчетов ФРВоз (7), то из (10) будем иметь:

$$\underline{\rho}_x(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a_x \\ 2\left(\frac{x-a_x}{b_x^2}\right)e^{-\left(\frac{x-a_x}{b_x}\right)^2}, & \text{если } x > a_x \end{cases}; \quad \overline{\rho}_x(x) = \begin{cases} -2\left(\frac{x-a_x}{b_x^2}\right)e^{-\left(\frac{x-a_x}{b_x}\right)^2}, & \text{если } x \leq a_x \\ 0, & \text{если } x > a_x \end{cases}. \quad (11)$$

Если в математической модели предельного состояния имеется K случайных величин и $(n-K)$ нечетких переменных, то с учетом (9) и (10), получим:

$$\underline{Q} = \int_V \dots \int_V \prod_{i=1}^K \rho_i(x_i) \cdot \prod_{i=K+1}^n \underline{\rho}_i(z_i) dx_i; \quad \overline{Q} = \int_V \dots \int_V \prod_{i=1}^K \rho_i(x_i) \cdot \prod_{i=K+1}^n \overline{\rho}_i(z_i) dx_i. \quad (12)$$

Если с ростом нечеткой переменной x_i область отказа будет уменьшаться, то в (12) для $\underline{Q}$ берется нижняя функция плотности распределения $\underline{\rho}_i(x_i)$, а для $\overline{Q}$ берется $\overline{\rho}_i(x_i)$. Если наоборот, с ростом x_i область отказа будет возрастать, то в (12) для $\underline{Q}$ берется $\overline{\rho}_i(x_i)$, а для $\overline{Q}$ берется $\underline{\rho}_i(x_i)$.

С учетом (6):

$$\underline{Q} = - \int_0^{a_x} 2 \left(\frac{X - a_x}{b_x^2} \right) e^{-\left(\frac{X - a_x}{b_x} \right)^2} \int_0^X \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_y} e^{-\frac{(Y - m_y)^2}{2S_y^2}} dy dx \quad ; \quad (13)$$

$$\bar{Q} = \int_{a_x}^{\infty} 2 \left(\frac{X - a_x}{b_x^2} \right) e^{-\left(\frac{X - a_x}{b_x} \right)^2} \int_0^X \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_y} e^{-\frac{(Y - m_y)^2}{2S_y^2}} dy dx .$$

Надежность балки будет характеризоваться интервалом:

$[P; \bar{P}]$, где $\underline{P} = 1 - \bar{Q}$ и $\bar{P} = 1 - \underline{Q}$

Пример: пусть известны $a_x = 120, b_x = 15, m_y = 150, S_y = 20$, подставляем в (13), получим:

$$\underline{Q} = - \int_0^{120} 2 \left(\frac{X - 120}{15^2} \right) e^{-\left(\frac{X - 120}{15} \right)^2} \int_0^X \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 20} e^{-\frac{(Y - 150)^2}{2 \cdot 20^2}} dy dx = 0,003 ;$$

$$\bar{Q} = \int_{120}^{\infty} 2 \left(\frac{X - 120}{15^2} \right) e^{-\left(\frac{X - 120}{15} \right)^2} \int_0^X \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 20} e^{-\frac{(Y - 150)^2}{2 \cdot 20^2}} dy dx = 0,215 .$$

Надежность балки будет характеризоваться интервалом:

$[P; \bar{P}]$, где $\underline{P} = 1 - \bar{Q} = 1 - 0,215 = 0,789$ и $\bar{P} = 1 - \underline{Q} = 1 - 0,003 = 0,997$

$[0,789; 0,997]$

Рассмотрим влияние изменения значений параметров m_y и S_y на область отказа:

Таблица 1

Увеличение прочности m_y

m_y	%	$\bar{Q}$	$\Delta \bar{Q}, \%$	$\underline{Q}$	$\Delta \underline{Q}, \%$	$\underline{Q}$ Вероятностным методом	$\Delta \underline{Q}, \%$
150	100	0,215	0	0,003	0	0,097	0
157,5	105	0,127	-40,9	0,001	-66,7	0,052	-46,9
165	110	0,068	-68,4	0,0005	-83	0,026	-74

Таблица 2

Уменьшение изменчивости прочности S_y

S_y	%	$\bar{Q}$	$\Delta \bar{Q}, \%$	$\underline{Q}$	$\Delta \underline{Q}, \%$	$\underline{Q}$ Вероятностным методом	$\Delta \underline{Q}, \%$
18	90	0,193	-10,2	0,002	-33,3	0,081	-17,7
19	95	0,205	-4,65	0,0027	-10	0,089	-8,3
20	100	0,215	0	0,003	0	0,097	0

Выводы:

- 1) Предложена новая частная методика расчета надежности несущего элемента железобетонной конструкции при ограниченной информации на основе комбинированного метода.
- 2) Рассмотрена задача расчета надежности железобетонной балки до образования трещин, без предварительного напряжения бетона.
- 3) При изменении параметров m_y, S_y нормального распределения нижнее значение отказа $\underline{Q}$ изменяется сильнее, чем верхнее $\bar{Q}$. Значения отказов реагируют сильнее на изменение m_y .
- 4) Разработанная частная методика для балки может найти применение для других несущих элементов железобетонных конструкций.

Литература

1. Уткин В.С. Определение надежности железобетонных элементов при наличии в них наклонных силовых трещин / В.С. Уткин, Л.В. Уткин // Бетон и железобетон. – 1998. – № 4 – С. 16.
2. Уткин В.С. Определение надежности примыкания второстепенных и главных балок по отрыву / В.С. Уткин, Л.В. Уткин // Бетон и железобетон. – 1998. – № 5. – С. 18-19.
3. Уткин В.С. Определение надежности железобетонных элементов при наличии в них силовых трещин, нормальных к продольной оси / В.С. Уткин, Л.В. Уткин // Бетон и железобетон. – 1999. – № 1 – С. 15-16.
4. Райзер, В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1995. – 352 с.
5. Уткин, В.С. Расчет надежности механических систем при ограниченной статистической информации: монография / В.С. Уткин, Л.В. Уткин. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 188 с.
6. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению зданий в информатике /пер. с фр. Д.Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
7. Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность /А.Р. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.
8. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций /Пер. с нем. О.О. Андреева. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.

РАЗМЕЩЕНИЕ ГАЗОВЫХ ДАТЧИКОВ

В.О. Зугрова

Научный руководитель А.В. Ударатин, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный технический университет

г. Вологда

Требования по размещению газовых датчиков приведены в НПБ 88-2001 «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования». Однако в этом документе регламентированы только основные варианты расстановки датчиков, для сравнительно простых случаев. На практике часто встречаются помещения с наклонными перекрытиями, с декоративными подвесными решетчатыми потолками, с приточно-вытяжной вентиляцией и т.д., которые должны быть грамотно защищены, несмотря на отсутствие конкретных указаний в НПБ 88-2001. На все нетиповые случаи есть общее требование в п. 3. НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией»: «Тип автоматической установки тушения, способ тушения, вид огнетушащих средств, тип оборудования установок пожарной автоматики определяется организацией-проектировщиком в зависимости от технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемых зданий и помещений с учетом требований действующих нормативно-технических документов». В НПБ 88-2001 также присутствуют общие требования, например, по п. 12.19 «размещение точечных тепловых и дымовых пожарных извещателей следует производить с учетом воздушных потоков в защищаемом помещении, вызываемых приточной или вытяжной вентиляцией», однако критерии оптимизации расположения извещателей не даны, только указано, что «при этом расстояние от извещателя до вентиляционного отверстия должно быть не менее 1 м».

При размещении газовых датчиков во многих сложных случаях можно использовать дополнительные материалы, например, европейский стандарт BS 5839-1:2002 по системам обнаружения пожара и оповещения для зданий, Часть 1 «Нормы и правила проектирования, установки и обслуживания систем», где в каждом разделе и в каждом параграфе сначала излагаются физические процессы, а затем вытекающие из них требования, что позволяет быть уверенным в правильности выбранного решения в конкретном случае: «Работа тепловых и дымовых датчиков зависит от конвекции, которая переносит горячий газ и дым от очага к дат-

чику». Расположение и шаг установки этих датчиков должны основываться на необходимости ограничения времени, затраченного на это движение и при условии достаточной концентрации продуктов сгорания в месте установки датчика. Горячий газ и дым, в общем случае, будут концентрироваться в самых высоких частях помещения, поэтому именно там должны быть расположены тепловые и дымовые датчики. Так как дым и горячие газы от очага поднимаются вверх, они разбавляются чистым и холодным воздухом, который поступает в конвективную струю. Следовательно, с увеличением высоты помещения быстро возрастает размер очага, достаточный для активизации тепловых или дымовых датчиков. До некоторой степени этот эффект можно компенсировать при использовании более чувствительных датчиков. Линейные дымовые датчики с оптическим лучом менее чувствительны к эффекту высокого потолка, чем датчики точечного типа, поскольку с увеличением задымленного пространства пропорционально увеличивается длина луча, на которую воздействует дым.

К тому же, при захвате конвекционной струей окружающего воздуха происходит охлаждение газов. Если потолок достаточно высок и окружающая температура в верхней части помещения высокая, температура газодымовой смеси может снизиться до температуры окружающей среды на уровне ниже потолка. Это возможно, если температура воздуха в помещении увеличивается с высотой, например в результате нагрева солнцем температура воздуха на высших уровнях может быть более высокой, чем температура дыма. Тогда слой дыма сформируется на этом уровне прежде, чем достигнет потолка, как если бы в помещении был «невидимый потолок» на определенной высоте. Этот эффект известен как стратификация – расслоение. В этом случае и дым, и горячие газы не будут воздействовать на установленные на потолке датчики, независимо от их чувствительности. Обычно трудно предсказать с достаточно высокой степенью достоверности уровень, на котором будет происходить стратификация. Это будет зависеть от конвективной тепловой мощности очага и от температурного профиля в пределах защищаемого пространства во время пожара, ни один из которых не известен количественно. Если датчики установлены на предполагаемом уровне стратификации, а стратификации не происходит или она происходит на более высоком уровне, обнаружение может быть опасно запоздалым, поскольку относительно узкая конвекционная струя может «обойти» датчики. В конце концов, так как очаг увеличивается и выделяется больше тепла, конвекционная струя преодолет тепловой барьер и установленные на потолке датчики будут работоспособны, хотя и в более поздней стадии пожара, чем если

бы никакая стратификация не произошла. (Однако, большой очаг обычно обнаруживается, если высота потолка больше.) Таким образом, в высоком помещении, в котором стратификация является вероятной, хотя и могут быть использованы дополнительные датчики, на более низких уровнях в надежде обнаружить стратифицированный слой, всегда должны использоваться датчики, установленные на потолке. Так как струя горячего газа является относительно узкой, радиус зоны контроля дополнительных детекторов должен быть уменьшен.

При установке тепловых и дымовых датчиков, должна быть рассмотрена возможная структура воздушных потоков в помещении. Кондиционирование воздуха и вентиляционные системы с высоким уровнем воздухообмена могут неблагоприятно влиять на способности датчиков, создавая приток к ним свежего воздуха и отток нагретого воздуха, дыма и газов от горения, или разжижая дым и горячие газы от очага.

Датчики дыма могут быть установлены для контроля наличия дыма в вентиляционных каналах. В основном, такие датчики должны способствовать предотвращению распространения дыма вентиляционной системой, любая рециркуляция должна быть прекращена в случае пожара. Эти датчики могут быть подключены к системе пожарной тревоги, но, если датчики дыма имеют нормальную чувствительность, они не могут являться удовлетворительным средством обнаружения пожара в зоне, из которой поступает воздух, так как дым разбавляется извлеченным чистым воздухом.

По британскому стандарту BS 5839 пожарные извещатели должны быть установлены на потолке, так чтобы их чувствительные элементы были расположены ниже потолка в пределах: 25 – 600 мм для дымовых датчиков; 25 – 150 мм для тепловых датчиков.

Непосредственно у перекрытия остается прослойка чистого воздуха, что и определяет минимальное расстояние от чувствительного элемента дымового и теплового извещателя до перекрытия, равное 25 мм. По этой же причине запрещена установка извещателей заподлицо. В НПБ 88-2001 подобное требование указано пока только для линейного дымового пожарного извещателя п. 12.29. «... оптическая ось проходила на расстоянии не менее 0,1 м от уровня перекрытия» и для линейных тепловых пожарных извещателей п. 12.37: «... расстояние от извещателя до перекрытия должно быть не менее 15 мм».

По НПБ 88-2001 п. 12.18 для всех точечных газовых датчиков «при подвеске извещателей на тросе должны быть обеспечены их устойчивое положение и ориентация в пространстве. При этом расстояние от потолка до нижней точки извещателя должно быть не более 0,3 м». Дымовые

извещатели обеспечивают раннее обнаружение пожара, на этапе тления материалов, и возможно размещение на расстоянии порядка 300 мм от перекрытия даже при отсутствии эффекта стратификации. В отличие от дымовых извещателей тепловые детекторы не обнаруживают тлеющие пожары, а на стадии открытого огня происходит значительное повышение температуры, соответственно эффект стратификации отсутствует и увеличение расстояния между перекрытием и термочувствительным элементом на расстояние более 150 мм приведет к недопустимо позднему обнаружению пожара, т.е. сделает их практически неработоспособными.

Задачу размещения газовых датчиков значительно усложняет отсутствие в нашей нормативной базе определения площади, защищаемой пожарным извещателем. С 1984 года в нормах указывается средняя площадь, контролируемая одним извещателем, а также максимальное расстояние между извещателями, извещателем и стеной, в зависимости от высоты защищаемого помещения. Например, при высоте до 3,5 м расстояние между дымовыми датчиками не должно превышать 9 м, а от стены – 4,5 м, и по СНиП 2.04.09-84 «Пожарная автоматика зданий и сооружений» и по действующему в настоящее время НПБ 88-2001 «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования». При этом указывается средняя площадь, контролируемая пожарным извещателем, равная 85 м^2 , хотя в данных условиях она не может превышать 81 м^2 . В 80-х годах прошлого века, когда практически все помещения имели прямоугольную форму, данные значения не вызывали вопросов. В настоящее время множество зданий имеют овальные и косоугольные помещения.

В британском стандарте BS 5839 по системам обнаружения пожара и оповещения для зданий, Часть 1 «Нормы и правила проектирования, установки и обслуживания систем» отсутствуют конкретные варианты расстановки датчиков, а задан радиус площади, защищаемой дымовым извещателем, равный 7,5 м. Такая формулировка, в отличие от максимальных расстояний между извещателями, позволяет оптимально расставить газовые датчики в помещении произвольной формы: непрямоугольном, круглом, с выпуклыми или вогнутыми стенами.

В относительно узких помещениях проявляется эффект повышения удельной оптической плотности среды за счет ограничения пространства. Это учитывается и в зарубежной, и в отечественной нормативной базе, но в разной степени.

В британском стандарте BS 5839 к помещениям шире двух метров применяется общий принцип: ни одна точка помещения в горизонталь-

ной проекции не должна находиться на расстоянии более 7,5 м от ближайшего дымового извещателя. Соответственно, если горизонтальная проекция помещения вписывается в круг радиуса 7,5 м, то устанавливается один извещатель. В общем случае с уменьшением ширины помещения расстояние между извещателями увеличивается.

В наших нормах нет монотонной зависимости расстояния между датчиками от ширины помещения. По НПБ 88-2001, как и в предыдущей редакции НПБ 88-2001 по п. 12.22. допускается увеличение расстояний между датчиками в 1,5 раза при ширине помещения менее трех метров, а в СНиП 2.04.09-84 по п. 4.11. в помещениях шириной до 3 м расстояние между датчиками допускалось увеличить до 15 м независимо от высоты помещения. Относительно расстояния от стены до датчика упоминания не было и нет, следовательно, его увеличение не допускается.

По различным причинам надежность отечественной продукции на этапе разработки нормативов была значительно ниже европейских аналогов, и в настоящее время по НПБ 78-98 от газового датчика требуется средняя наработка на отказ только 60 000 часов, т.е. около 7 лет, при среднем сроке службы не менее 10 лет. Это привело к необходимости введения в нормы требования установки в каждом помещении не менее двух датчиков и контроля каждой точки помещения одновременно не менее чем двумя автоматическими пожарными извещателями: по п. 4.1 СНиП 2.04.09-84 «если установка пожарной сигнализации предназначена для управления автоматическими установками пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре, каждую точку защищаемой поверхности необходимо контролировать не менее, чем двумя автоматическими пожарными извещателями». Устройства выполняют одну и ту же функцию и при отказе одного из них работоспособность системы в целом полностью сохраняется.

Для контроля каждой точки помещения одновременно двумя дымовыми извещателями они должны быть расставлены определенным образом. Никаких сложностей не возникло бы при указании в нормах радиуса площади, контролируемой пожарным извещателем в помещениях различной высоты, вместо мало информативной средней площади. В СНиП 2.04.09-84 для контроля каждой точки помещения двумя извещателями по п.4.2 предписывалось: «максимальное расстояние между дублирующими дымовыми или тепловыми пожарными извещателями должно быть равно половине нормативного». В п. 13.3. НПБ 88-2001 формулировка была изменена на более гибкую «на расстоянии не более половины нормативного», что позволяло устанавливать извещатели в непосредственной близости друг от друга и действительно контролировать каждую

точку помещения одновременно двумя извещателями. Однако такое размещение несколько ухудшает дизайн помещения и обычно используется на промышленных объектах, складах и т.п.

Таким образом, правильное размещение газовых датчиков обеспечивает точное определение места загорания и меньшее время его обнаружения и предоставляет преимущество в тушении пожара на ранней стадии и, как правило, обеспечивает его ликвидацию без существенного материального ущерба. Но поскольку действующая в настоящее время нормативная база не обладает достаточным количеством точной информации о размещении газовых датчиков, то необходимо ввести дополнительные стандарты, нормы и правила проектирования в части размещения пожарных извещателей, что позволит достигнуть высокого уровня пожарной безопасности.

Литература

1. НПБ 88-2001 "Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования".
2. Неплохов И.Г. Расстановка пожарных извещателей – теория и практика // Пожарная сигнализация: Специализированный каталог. ESMI, 2008.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАВЕНСТВА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ОПИСАНИЯ НЕПОЛНОТЫ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ РАСЧЕТОВ НАДЕЖНОСТИ

С.Л. Карпина

Научный руководитель В.С. Уткин, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Надежность, как мера безопасности, и экономическая эффективность – таковы общие требования, предъявляемые к возводимым и уже эксплуатируемым зданиям и сооружениям. Первоочередным из них является надежность, связанная с безопасностью.

В проблеме обеспечения надежности строительных конструкций существенную роль играют правила расчета, представленные в нормативной литературе.

На сегодняшний день расчеты по строительным нормам практически всех стран ведутся по первой и второй группам предельных состоя-

ний полувероятностным методом в детерминированном виде. Так, например, изменчивость нагрузок учитывается с помощью коэффициентов надежности по нагрузке, изменчивость прочности бетона и арматуры учтена в их расчетных и нормативных значениях, принимаемых согласно СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» [1]. Но на сегодняшний день эти нормы не содержат ни количественных показателей безопасности строительного объекта, ни методов ее оценки. Надежность лишь декларируется, но количественного выражения не обретает.

Помимо расчета по предельным состояниям достаточно давно разработана теория вероятностных расчетов, однако пока она остается не реализованной. Конечно, реализация и переход на полный вероятностный расчет вызовет существенные трудности, связанные с оценкой изменчивости всех факторов, входящих в расчет, но позволит в будущем при развитии такого подхода получить объективные критерии оценки комплексной безопасности и говорить о надежности как о численно выраженной оценке риска. Так, в стандарте организации «Надежность строительных конструкций и оснований» СТО 36554501-014-2008 [2], разработанном в 2008 г., предписывается применение вероятностно-статистических методов расчетов. В данном стандарте указывается, что «использование указанных методов допускается в том случае, если количество (длина ряда) данных позволяет проводить их статистический анализ и эти данные являются однородными и статистически независимыми».

Возникает вопрос, как быть, если статистическая информация неполная или неточная?

В данном стандарте нет ответа на этот вопрос.

При расчете надежности строительных конструкций и их элементов необходимо знать математическую модель предельного состояния и статистическую информацию о базовых параметрах данной модели.

Статистическая информация о параметрах считается полной, если о них известны закон распределения, параметры этих распределений и взаимная зависимость или независимость между параметрами математической модели.

При неполной статистической информации о базовых параметрах математической модели предельного состояния в последнее время находят применение возможные методы оценки надежности. Появление работы В.П. Кузнецова [3] в 1991 году об интервальных статистических моделях, а также работ Д. Дюбуа и А. Прада [4] по теории возможностей дало мощный толчок к развитию общих и частных методик расчета на-

дежности конструкций в последние годы. Недостаток их состоит в том, что некоторыми параметрами приходится задаваться.

На стадии эксплуатации и тем более на стадии проектирования не редко известными о случайной величине могут оказаться лишь среднее значение и среднее квадратическое отклонение ее от среднего. В этом случае для описания случайной величины (в дальнейшем именуемой нечеткой переменной) уместным является использование неравенства Чебышева, которое для неотрицательных функций плотностей распределения случайной величины (по Чебышеву) X и любого числа $K > 0$ имеет вид $P(f(x) \geq k) \leq \frac{M\{f(x)\}}{k}$. В частном виде имеем $P(|x - m_x| \geq kS_x^2) \leq \frac{1}{k^2}$,

где m_x – среднее значение, S_x – среднее квадратическое отклонение (рассеивание), или $P(|x - \bar{x}| \geq k) \leq \frac{S^2}{k^2}$. Это выражение можно прочесть так:

какое бы мы не взяли положительное, наперед заданное число « k », вероятность того, что значение x (как случайной величины) отклонится от своего среднего значения $\bar{x} \approx m_x$ больше чем на « k », всегда больше отношения S^2 / k^2 . Например, полагая в неравенстве Чебышева $k = 4S_x$ (часто малое по сравнению с m_x), будем иметь $P(|x - \bar{x}| \geq 4S_x) \leq S_x^2 / (4S_x)^2 = 1/16$.

Из примера видно, что вероятность отклонения значения x от своего среднего значения, можно сказать, практически незначительна.

Предполагается, для описания некоторых параметров в математической модели предельного состояния, в силу неполноты информации, в расчетах надежности конструкций использовать неравенство Чебышева.

Известно доказательство того, что на основании приведенного неравенства Чебышева для нечеткой переменной X , функции для нижней $\underline{P}(x)$ и верхней $\bar{P}(x)$ вероятностей оп- $P(X \leq x)$ разделяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{P}(x) &= \begin{cases} \frac{S^2}{(m_x - x)^2 + S^2}, & \text{если } x < m_x \\ 1, & \text{если } x \geq m_x \end{cases} \\ \underline{P}(x) &= \begin{cases} 0, & \text{если } x < m_x \\ 1 - m_x / x, & \text{если } m_x \leq x \leq m_x + S^2 / m_x \\ \frac{(m_x - x)^2}{(m_x - x)^2 + S^2}, & \text{если } x > m_x + S^2 / m_x \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На рис. 1 представлен вид этих функций. Истинная функция распределения $P(x)$ находится в $\underline{P}(x) < P(x) < \bar{P}(x)$ границах.

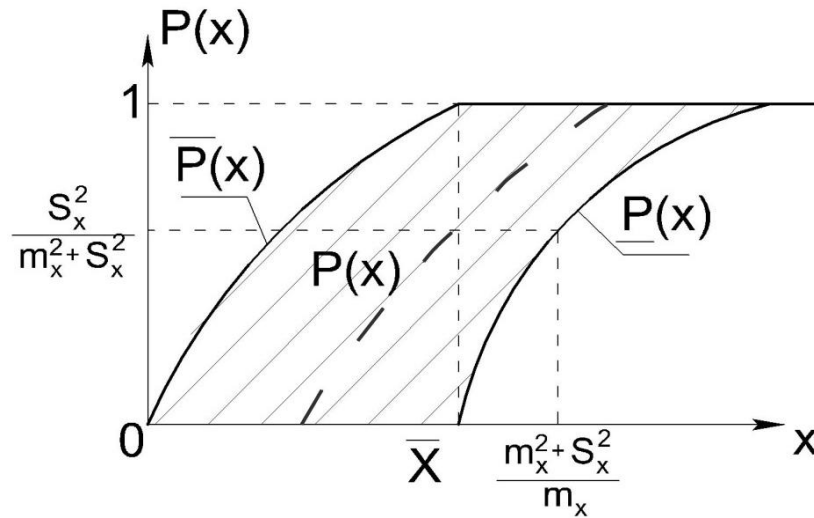


Рис. 1. Функции распределения $\underline{P}(x) < P(x) < \bar{P}(x)$

Плотности распределения X , соответствующие нижней и верхней функциям распределения, как производные от по x , примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \rho_x(x) &= \begin{cases} 0, & \text{если } x < m_x \\ m_x / x^2, & \text{если } m_x < x < (m_x + S_x^2 / m_x) \\ \frac{-2(m_x - x)[(m_x - x)^2 + S^2] + 2(m_x - x)^3}{[(m_x - x)^2 + S^2]^2}, & \text{если } x > (m_x + S^2 / m_x) \end{cases} \\ \bar{\rho}_x(x) &= \begin{cases} \frac{2(m_x - x)S^2}{[(m_x - x)^2 + S^2]^2}, & \text{если } x < m_x \\ 0, & \text{если } x \geq m_x \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

На практике возможна ситуация, в которой часть параметров обладает полной информацией, а другая часть параметров обладает ограниченной информацией. В этом случае расчет надежности можно производить комбинированным методом, где в числе базовых параметров в математических моделях предельных состояний присутствуют случайные величины (в терминах теории вероятностей) с полной статистической информацией и нечеткие переменные (в терминах теории возможностей) с ограниченной информацией. Сущность этих методов можно найти в работах В.С. Уткина [5], [6] и др.

Покажем, как можно использовать неравенство Чебышева при расчете надежности железобетонной балки в комбинированном методе.

Рассмотрим пример: балка прямоугольного сечения с арматурой без преднапряжения в нижней зоне. Проведем расчет надежности балки, показанной на рис. 2, по критерию прочности арматуры с известной по [1] математической моделью предельного состояния, исходя из расчета по предельному равновесию, при замене R_s на предел текучести $\tilde{\sigma}_T$:

$$\tilde{M}_{\max} = \frac{\tilde{q}l^2}{8} \leq \tilde{M}_{np} = \tilde{\sigma}_T A_s (h_0 - 0,5x), \quad \text{где } x = \frac{A_s R_s}{b R_b} \quad (3)$$

Значение x получаем из условной замены криволинейной эпюры σ_b на прямоугольную и при условии разрушения балки по арматуре по [1]. С учетом выражения x , имеем:

$$\frac{\tilde{q}l^2}{8} \leq \tilde{\sigma}_T A_s \left(h_0 - \frac{A_s R_s}{2b R_b} \right), \quad (4)$$

где $\tilde{\sigma}_T$ - предел текучести (физический или условный) стали арматуры, $\tilde{q}$ - нагрузка. Определение значений σ_T, q на стадии эксплуатации осуществляется неразрушающими методами, например, с помощью волоконно-оптических датчиков деформаций [7] примем $\tilde{\sigma}_T$ - нечеткой переменной, а $\tilde{q}$ - случайной величиной с нормальным законом распределения с известной плотностью распределения вероятностей $\rho(q)$. В обобщенном виде для нормального распределения случайной величины

Y имеем $\rho_Y(y) = \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}}$, где m_Y - математическое ожидание, S_Y - среднеквадратическое отклонение, y - возможностное значение Y .

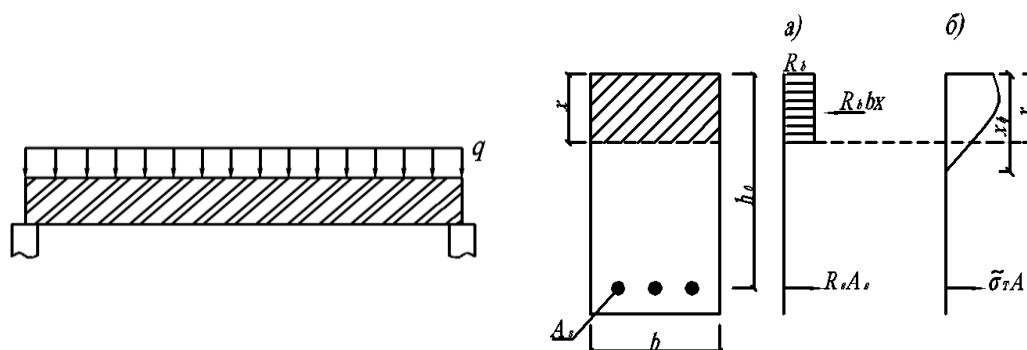


Рис. 2. Расчетная схема балки и поперечное сечение:

- а) эпюры напряжений для расчета по предельным состояниям;
б) эпюры для расчета надежности. x_{ϕ} заменяем x в запас надежности.

Отказ балки по критерию прочности арматуры, как событие, будет характеризоваться вероятностью события:

$$\frac{\tilde{q}l^2}{8} > \tilde{\sigma}_T A_s (h_0 - \frac{A_s R_s}{2bR_b}) . \quad (5)$$

Для краткости дальнейших записей применим следующие обозначения: $\frac{\tilde{q}l^2}{8} = \tilde{Y}$, $\tilde{\sigma}_T A_s (h_0 - \frac{A_s R_s}{2bR_b}) = \tilde{X}$, тогда (5) примет вид:

$$\tilde{Y} > \tilde{X} .$$

При заданном ранее условии, что X - нечеткая переменная с известными значениями m_X и S_X , а Y - случайная величина с известным законом распределения, будем иметь следующие формулы для значений вероятностей отказа:

$$\begin{aligned} \underline{Q} &= \int_V \int \underline{\rho}_X(x) \cdot \rho_Y(y) dx dy, \\ \overline{Q} &= \int_V \int \overline{\rho}_X(x) \cdot \rho_Y(y) dx dy. \end{aligned} \quad (6)$$

где V – область отказа.

В формулу для нижнего значения вероятности отказа $\underline{Q}$ вводится под интегралы нижняя функция условной плотности распределения $\underline{\rho}_X(x)$, если с ростом нечеткой переменной X область отказа убывает. И, наоборот, вводится функция $\overline{\rho}_X(x)$, если с ростом X область отказа возрастает, что и учтено для нечеткой переменной X .

В формуле для $\overline{Q}$ правила подстановки функций плотностей распределения под интегралы меняется на противоположные по сравнению с $\underline{Q}$.

Расчетные формулы для значений вероятностей отказа примут вид:

$$\begin{cases} \underline{Q} = \int_{m_X}^{(m_X + S_X^2/m_X)} \frac{m_X}{x^2} \int_x^\infty \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx + \int_{m_X + S_X^2/m_X}^\infty \frac{-2(m_X - x)[(m_X - x)^2 + S_X^2] + 2(m_X - x)^3}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \times \\ \times \int_x^\infty \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx, \\ \overline{Q} = \int_0^{m_X} \frac{2(m_X - x)S_X^2}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \int_x^\infty \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx. \end{cases}$$

Соответственно вероятность безотказной работы определяется по формулам:

$$\underline{P} = 1 - \overline{Q}, \quad \overline{P} = 1 - \underline{Q}.$$

Надежность или вероятность события $X \geq Y$ будет характеризоваться интервалом $[\underline{P}, \bar{P}]$.

Рассмотрим числовой пример.

Дано: $m_y=150$, $S_y=20$, $m_x=190$, $S_x=20$.

Единицы измерения опустим для упрощения записи.

Вероятность отказа будет иметь следующие верхнюю и нижнюю границы:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{Q} &= \int_{190}^{(190+20^2/190)} \frac{190}{x^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{20 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-150)^2}{2 \cdot 20^2}} dy dx + \int_{190+20^2/190}^{\infty} \frac{-2(190-x)[(190-x)^2 + 20^2] + 2(190-x)^3}{[(190-x)^2 + 20^2]^2} \times \\ &\times \int_x^{\infty} \frac{1}{20 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-150)^2}{2 \cdot 20^2}} dy dx = 2,2672 \times 10^{-4}, \\ \underline{Q} &= \int_0^{190} \frac{2 \cdot (190-x) \cdot 20^2}{[(190-x)^2 + 20^2]^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{20 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(y-150)^2}{2 \cdot 20^2}} dy dx = 0,16895. \end{aligned} \right.$$

Тогда вероятность безотказной работы будет равна:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{P} &= 1 - \underline{Q} = 1 - 0,16895 = 0,83105 \\ \underline{P} &= 1 - \bar{Q} = 1 - 0,000109 = 0,999773 \end{aligned} \right.$$

Вероятность безотказной работы P находится в интервале $[0,83105; 0,999773]$.

Решим эту же задачу вероятностным методом, приняв для X , как и для Y нормальный закон распределения. Тогда вероятность безотказной работы найдем по формуле:

$$P = \Phi\left(\frac{m_x - m_y}{\sqrt{S_x^2 + S_y^2}}\right) = \Phi\left(\frac{190 - 150}{\sqrt{20^2 + 20^2}}\right) = \Phi(1,41423) = 0,9192$$

Выводы:

1. Предложен новый метод расчета надежности железобетонной балки по критерию прочности арматуры при неполной информации о некоторых параметрах математической модели предельного состояния.

2. Надежность балки характеризуется интервалом значений вероятностей $[\underline{P}, \bar{P}]$.

3. Из расчетов надежности балки с неполной и полной информацией о параметрах модели видно, что однозначный результат расчета надежности попадает в интервальный результат. Если этого не будет, то условно принятые распределения теории вероятности не могут быть приняты для расчетов надежности.

4. Предложенная методика расчета надежности железобетонной балки может быть использована для расчета надежности любых других несущих элементов железобетонных конструкций.

Литература

1. Строительные правила: СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – Введ. 01.03.2004. /Минстрой России, 2004. – 59 с.
2. СТО 36554501-014-2008 «Надежность строительных конструкций и оснований»
3. Кузнецов, В.П. Интервальные статистические модели: учеб. пособие / В.П. Кузнецов. – М.: Радио и связь, 1991 – 544 с.
4. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению зданий в информатике /пер. с фр. Д.Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
5. Уткин, В.С. Расчет надежности механических систем при ограниченной статистической информации: монография / В.С. Уткин, Л.В. Уткин. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 188 с.
6. Уткин, В.С. Определение надежности элементов по критерию прочности при вероятностных и возможностных базовых параметрах в математической модели предельного состояния / В.С. Уткин, О.С. Плотникова, Н.Л. Галаева // Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции. Известия ОрелГТУ. – 2007. – № 4(16).- С. 86-90.
7. Интернет ресурс <http://www.mocent.ru/products/science/>.

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ЧЕРЕЗ НЕПРОЗРАЧНУЮ ОГРАЖДАЮЩУЮ КОНСТРУКЦИЮ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

Д.Ф. Карнов, М.В. Павлов

Научный руководитель В.И. Игонин, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Для создания требуемого микроклимата в помещении необходимо составить тепловой баланс, который бы учитывал как потери тепловой энергии через наружные ограждения, так и дополнительные неорганизованные

телопоступления. В связи с этим целью данной работы является разработка и реализация инженерной методики по оценке режима тепловых потерь и теплопоступлений в течение года через строительную ограждающую конструкцию на примере многослойной кирпичной стены с учетом внешних и внутренних климатических условий. Для этого необходимо построить функциональные зависимости потерь теплоты и теплопоступлений через ограждение от средней температуры наружного воздуха с учетом географических и климатических условий заданного региона.

Средние тепловые потери $Q_{\text{пот},i}$, Вт, через наружную ограждающую конструкцию здания в i -й месяц года принято рассчитывать по уравнению теплопередачи [1, 2] (1):

$$Q_{\text{пот},i} = k \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_i^{\text{cp}}), \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · К); F – площадь поверхности теплообмена, м²; $t_{\text{вн}}$ – нормативное значение температуры воздуха внутри помещения здания, °С; t_i^{cp} – среднемесячная температура наружного воздуха, °С (табл. 1).

Коэффициент теплообмена k , Вт/(м² · К), зависит от конструктивных особенностей строительной конструкции и при условии однородности слоев может определяться по формуле [3] (2):

$$k = \left[\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + R_t + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right]^{-1}, \quad (2)$$

где R_t – термическое сопротивление теплопроводности стены, м² · К/Вт; $\alpha_{\text{вн}}$, $\alpha_{\text{н}}$ – соответственно коэффициенты теплоотдачи внутреннего воздуха стене и стены наружному воздуху, Вт/(м² · К); $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщины следующих друг за другом однородных слоев ограждающей строительной конструкции, м; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коэффициенты теплопроводности соответствующих слоев конструкции, Вт/(м · К).

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха

Название города	Месяцы года												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Вологда	-12,6	-11,6	-5,9	2,3	9,6	14,9	16,8	15,0	9,1	2,5	-3,5	-8,9	2,3

Наружная стена здания имеет следующие расчетные показатели по параметрам Б (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные термические сопротивления слоев наружной стены

№ слоя	Вид материала	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплопроводности слоя, λ , Вт/(м·К)	Термическое сопротивление слоя, R_b , м ² ·К/Вт
1	Кирпич глиняный обыкновенный (ГОСТ 530-80)	250	0,81	0,31
2	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	100	0,06	1,67
3	Воздушная прослойка	30	-	0,14
4	Кирпич глиняный обыкновенный	120	0,81	0,15
Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_b , м ² ·К/Вт				2,27

Для нашего случая геометрические размеры строительной ограждающей конструкции здания не имеют большой значимости. Поэтому введем в работу понятие средняя плотность тепловых потерь $q_{\text{пот},i}$, Вт/м², которую для i -го месяца года можно определить по следующей формуле (3):

$$q_{\text{пот},i} = \frac{Q_{\text{пот},i}}{F} = k \cdot (t_{\text{вн}} - t_i^{\text{сп}}). \quad (3)$$

На рис. 1 представлен график средних температур наружного воздуха и плотности тепловых потерь через непрозрачную конструкцию здания для условий г. Вологды по месяцам года.

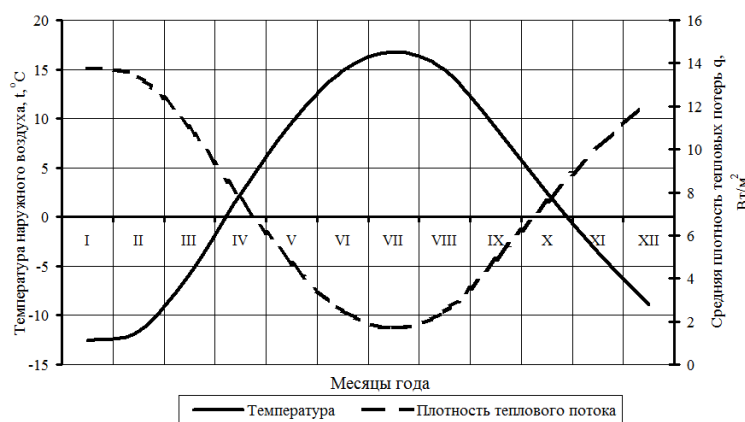


Рис. 1. График температур и плотности тепловых потерь по месяцам года

Функциональная зависимость вида $q_{\text{пот}} = f(t_{\text{нар}})$ может быть аналитически представлена следующим линейным уравнением ($t_{\text{нар}}$ – действительная температура воздуха в данный момент времени, °C), Вт/м² (4):

$$q_{\text{пот}} = -0,41t_{\text{нар}} + 8,61. \quad (4)$$

Расчет солнечной радиации будем проводить при действительных условиях облачности. При попадании тепловых лучей на другое тело их энергия делится на части (рис. 2). Часть энергии излучения Q , Дж/м², падающей на единицу поверхности тела, поглощается S , часть проникается сквозь него D и часть отражается R . Следовательно, расчеты солнечной радиации Q , падающей на тело, проводятся исходя из определения S , D и R .

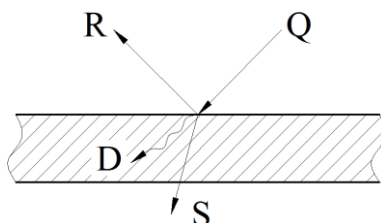


Рис. 2. Распределение энергии излучения, падающей на тело

Расчет суммарной солнечной радиации для г. Вологды по сторонам света на горизонтальную и вертикальную поверхность при действительных условиях облачности проводится следующим образом.

Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность (покрытие, зенитные фонари) Q^{hor} , МДж/м², при действительных условиях облачности за год для климатического района строительства определяется по формуле [3] (5):

$$Q^{\text{hor}} = \sum_{i=1}^m Q_i^{\text{hor}}, \quad (5)$$

где Q_i^{hor} – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности для i -го месяца года, МДж/м²; m – число месяцев года.

Суммарная (прямая, рассеянная и отраженная) солнечная радиация на вертикальную поверхность (стены и окна) Q_j^{ver} , МДж/м², при действительных условиях облачности за отопительный период для климатического района строительства определяется по формуле [3] (6):

$$Q_j^{\text{ver}} = \sum_{i=1}^m Q_i^{\text{ver}} = \sum_{i=1}^m (S_{ji}^{\text{ver}} + D_i^{\text{ver}} + R_i^{\text{ver}}), \quad (6)$$

где Q_j^{ver} – суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность здания для i -го месяца года, МДж/м²; S_{ji}^{ver} – прямая солнечная ориентация

на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце года для j -ой ориентации, МДж/м²; D_i^{ver} – рассеянная солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце года, МДж/м²; R_i^{ver} – отраженная солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце года, МДж/м².

Прямую солнечную радиацию на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности для j -й ориентации в i -м месяце года S_{ji}^{ver} , МДж/м², следует рассчитывать по формуле [3] (7):

$$S_{ji}^{ver} = S_i^{hor} \cdot k_{ij}, \quad (7)$$

где S_i^{hor} – прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце года, МДж/м²; k_{ij} – коэффициент перерасчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную поверхность i -го месяца года для j -й ориентации.

Рассеянную солнечную радиацию D_i^{ver} , МДж/м², на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце следует определять по формуле (8):

$$D_i^{ver} = \frac{D_i^{hor}}{2}, \quad (8)$$

где D_i^{hor} – рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м года, МДж/м².

Отраженную солнечную радиацию R_i^{ver} , МДж/м², на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i -м месяце следует определять по формуле (9):

$$R_i^{ver} = \frac{Q_i^{hor} \cdot A_i^{cal}}{200}, \quad (9)$$

где Q_i^{hor} – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности для i -го месяца года, МДж/м²; A_i^{cal} – альбеда деятельной поверхности в i -м месяце года, %.

Средняя плотность теплового потока от солнечной радиации $q_{рад,i}$, Вт/м², в i -й месяц года через массивную ограждающую конструкцию следует определять по формуле [4] (10):

$$q_{рад,i} = \left[\frac{1}{R} \left(t_i^{cp} + \frac{\rho \cdot J_{cp}}{\alpha_n} - t_{вн} \right) + \frac{\beta_k \cdot \alpha_{вн}}{v} \left(0,5\Theta_1 \cdot A_{м.с} + \frac{\rho \cdot \Theta_2 \cdot A_j}{\alpha_n} \right) \right], \quad (10)$$

где R – сопротивление теплопередаче наружной стены, $2,43\text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью ограждающей конструкции; $J_{\text{ср}}$ – среднемесячное значение поверхностной плотности теплового потока суммарной солнечной радиации (прямой S_{ji}^{ver} и рассеянной D_i^{ver}), $\text{Вт} / \text{м}^2$, поступающей в i -й месяц года; β_k – постоянный коэффициент; ν – величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции; Θ_1, Θ_2 – переменные коэффициенты; ε – запаздывание температурных колебаний в ограждении, ч; z – время максимума суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации; $A_{\text{м.с}}$ – максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха в i -м месяце года; A_j – амплитуда суточных колебаний суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), $\text{Вт} / \text{м}^2$.

Формула (10) включает две составляющие: а) тепловой поток, возникающий за счет разности температур между поверхностями стенки с учетом нагревания наружной поверхности солнечным излучением; б) то же, но под действием колебаний температур наружного воздуха в течение суток. Рассмотрим вариант «б» подробнее.

Мощность солнечного излучения переменна во времени, что приводит к изменению температуры наружного воздуха. При правильных гармонических колебаниях температура наружного воздуха t_n изменяется около своего среднего значения $t_n^{\text{ср}}$ с периодом T по косинусоидальному закону. Колебание температуры между средней температурой $t_n^{\text{ср}}$ и ее амплитудными отклонениями $\pm A_{t_n}$ вызывает изменение теплового потока и температуры на поверхности и в толще ограждения. Амплитуды колебаний температуры в толще ограждения уменьшаются по мере удаления от наружной поверхности. Степень снижения температурных колебаний в толще стенки характеризует величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, рассчитываемая по формуле [3] (11):

$$\nu = 0,9 \cdot 2,718^{D/\sqrt{2}} \frac{((s_1 + \alpha_{\text{вн}})(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha'_{\text{нар}} + Y_n))}{((s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha'_{\text{нар}})}, \quad (11)$$

где D – тепловая инерция ограждающей конструкции; $s_1, s_2, \dots, s_n$ – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

В табл. 3 приведены значения коэффициентов теплоусвоения s каждого слоя рассматриваемой наружной стены (по параметрам Б). Наряду с температурой величины тепловых потоков также изменяются около сред-

него значения по закону косинуса, имея собственную амплитуду. Величина s связана с другими теплофизическими характеристиками материала зависимостью $s = \sqrt{2\pi\lambda\sigma\rho/T}$, где T – период температурных колебаний наружного воздуха, ч; $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}, Y_n$ – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м² · К); α'_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м² · К).

Тепловую инерцию D ограждающей конструкции следует определять по формуле [3] (12):

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (12)$$

где $R_1, R_2, \dots, R_n$ – термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции, м² · К/Вт (табл. 2).

Таблица 3

Расчетные коэффициенты теплоусвоения слоев наружной стены

№ слоя	Вид материала	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплоусвоения слоя, s , Вт/(м ² ·К)	Термическое сопротивление слоя, R , м ² ·К/Вт
1	Кирпич глиняный обыкновенный (ГОСТ 530-80)	250	10,12	0,31
2	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	100	0,99	1,67
3	Воздушная прослойка	30	-	0,14
4	Кирпич глиняный обыкновенный	120	-	0,15

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции $\alpha'_{\text{нар}}$, Вт/(м² · К), рассчитывается по следующей зависимости [3] (13):

$$\alpha'_n = 1,16(5 + 10\sqrt{x}), \quad (13)$$

где x – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16 % и более.

Запаздывание температурных колебаний в ограждающей конструкции ε , ч, определяется по формуле (14):

$$\varepsilon = 2,7D - 0,4. \quad (14)$$

Амплитуда суточных колебаний суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) A_j , Вт/м², определяется по формуле [4] (15):

$$A_j = J_{\text{макс}} - J_{\text{ср}}, \quad (15)$$

где $J_{\text{макс}}$, $J_{\text{ср}}$ – максимальное и среднесуточное значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на наружное ограждение.

На рис. 3 представлен график средних температур наружного воздуха и плотности потока солнечной радиации, проходящей через конструкцию здания для условий г. Вологды по месяцам года.

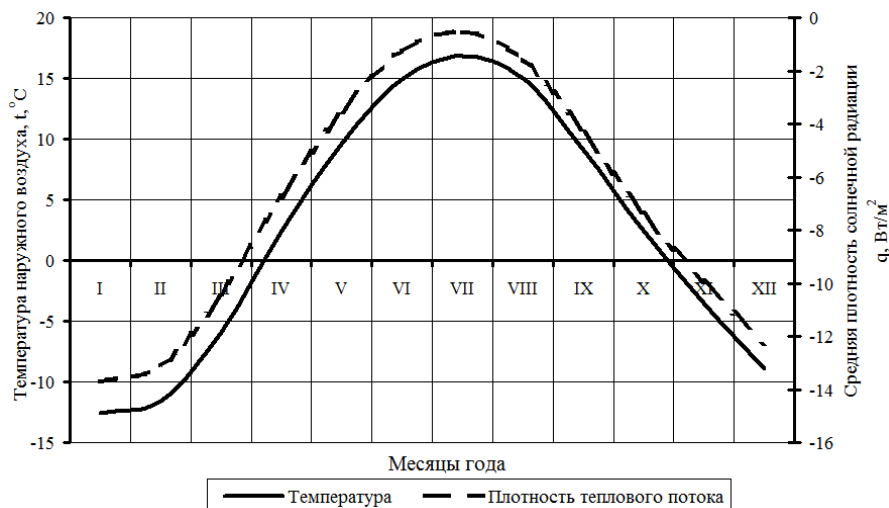


Рис. 3. График температур и плотности солнечной радиации по месяцам года

На рис. 4 представлен график плотности потока $q_{\text{рад}}$, Вт/м^2 , солнечной радиации от температуры наружного воздуха.

Функциональная зависимость вида $q_{\text{рад}} = f(t_{\text{нар}})$ может быть аналитически представлена следующим линейным уравнением ($t_{\text{нар}}$ – действительная температура воздуха в данный момент времени, $^\circ\text{C}$), Вт/м^2 (16):

$$q_{\text{рад}} = 0,446t_{\text{нар}} - 8,098, R^2 = 0,9970 \quad (16)$$

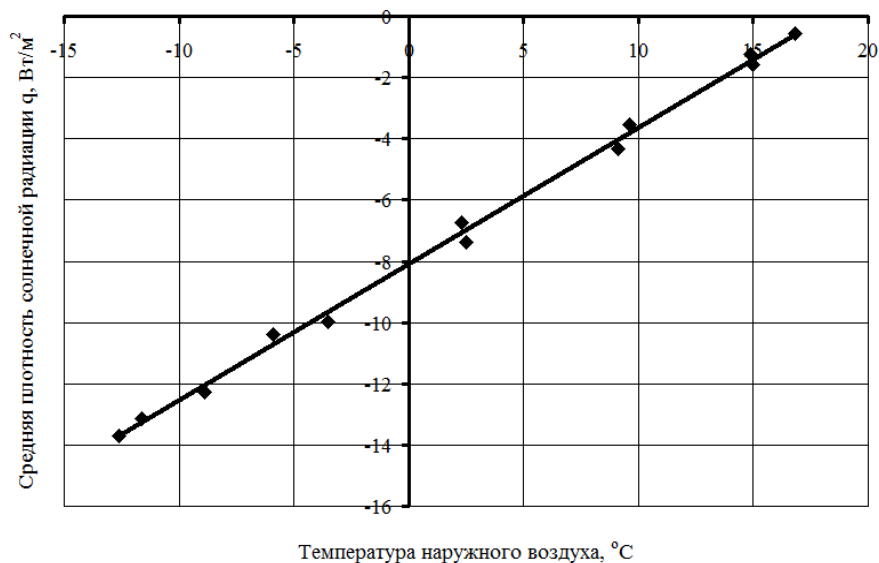


Рис. 4. График изменения плотности солнечной радиации от температуры наружного воздуха

Результаты проведенных исследований показали, что теплопоступления от инфракрасного солнечного излучения начнутся при температуре наружного воздуха $18 - 19^\circ\text{C}$. Например, при $t_{\text{нар}} = 25^\circ\text{C}$ в здание будет поступать тепловой поток $q_{\text{рад}} = 3\text{Вт/м}^2$ (рис. 4). Данные значения будут совершенно другими при ином варианте конструктивного исполнения строительного ограждения.

Таким образом, в работе построены функциональные зависимости потерь теплоты и теплопоступлений от солнечной радиации через стенку от средней температуры наружного воздуха с учетом географических и климатических условий заданного региона. Предложена локальная инженерная методика определения теплопотерь и теплопоступлений через многослойную ограждающую конструкцию.

Литература

1. Исаченко, В.П. Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Быстрицкий, Г.Ф. Общая теплоэнергетика: учебник для вузов / Г.Ф. Быстрицкий. – М.: Академия, 2005. – 208 с.
3. Свод правил по проектированию и строительству: Проектирование тепловой защиты зданий: СП 23-101-04: введ. 01.06.04. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 141 с.
4. Львовский, И. Б. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения: пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 / И. Б. Львовский, Б. В. Баркалов. – М.: Промстройпроект, 1991. – 35 с.

О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА ПО ВЫПУСКУ БОЛЬШЕФОРМАТНОЙ ФАНЕРЫ НА КОМБИНАТЕ «НОВАТОР» В ВЕЛИКОУСТЮГСКОМ РАЙОНЕ

Т.М. Кузнецова

Научный руководитель Е.Б. Гительман, канд. техн. наук доцент

Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Правительство Вологодской области на протяжении ряда последних лет проводит политику, связанную с тем, что заготавливаемая в Вологодской области древесина не должна вывозиться необработанной в виде сырья, а только после соответствующей технологической обработки, т.к.

в процессе переработки стоимость древесины в значительной степени повышается. С этой целью в области осуществляется развитие деревообрабатывающей промышленности, а также строительство новых деревообрабатывающих предприятий.

Фанерный комбинат «Новатор» – одно из ведущих и старейших предприятий Великоустюгского района Вологодской области – основан в 1906 году. За столетнюю историю небольшой завод, выпускающий клееную фанеру, превратился в современное высокотехнологичное производство. Комбинат – лидер по качеству выпускаемой фанеры в Российской Федерации. Его продукция пользуется большим спросом, как на внутреннем рынке, так и за рубежом России.

Модернизация производства ОАО «Новатор» предусматривает переход на выпуск большеформатной фанеры с использованием существующих зданий и сооружений, а также со строительством нового производственного корпуса.

На предприятии запроектирован производственный корпус, который пристраивается к главному корпусу и предназначен для выпуска большеформатной фанеры форматом 1525х3050 мм. В цехе располагается основное технологическое оборудование, начиная с участка сушки шпона.

Пристраиваемый производственный корпус представляет собой одноэтажное здание, состоящее из 2-х блоков, примыкающее к главному корпусу по производству фанеры размером 1525х1525 мм. Объемно-планировочные решения производственного корпуса приняты на основании задания заказчика и расположения технологического оборудования.

Задачей данной работы является разработка систем отопления и вентиляции производственного корпуса по выпуску большеформатной фанеры, отвечающих современным требованиям эксплуатации и монтажа.

В проекте для производственного корпуса разработаны системы приточно-вытяжной вентиляции и система дежурного отопления. Исходными данными являются чертежи здания производственного корпуса, строительство которого намечено на 2009 - 2010 годы.

Технологическая часть проекта с подбором необходимого оборудования и разработкой технологической схемы производства большеформатной фанеры на ОАО «Новатор» разработана технологической группой отдела комплексного проектирования ОАО «Промлеспроект» (г. Вологда). Для производства большеформатной фанеры используются две линии лущения, рубки и укладки шпона, располагаемые в главном корпусе. В проектируемом производственном корпусе располагается основное технологическое оборудование, начиная с участка сушки шпона.

Сырой шпон поступает по конвейерам на линию сушки и сортировки шпона. Для сушки шпона большого формата предполагается смонтировать сушилку роликовую паровую фирмы «Raute». Проходя через 12 камер сушки, шпон высыхает. Далее шпон охлаждается в камере охлаждения до температуры 40 °С, собирается с сушилки и по конвейеру подается к сканирующему устройству для автоматического определения качества шпона и сортируется на автоматической линии сортировки. Сухой шпон сортируется по качеству и укладывается в отдельные стопы высотой до 1,2 м автоматически. По мере накопления, стопа забирается вилочным автопогрузчиком и отвозится к станциям ручной сборки пакетов. В цехе устанавливаются 3 станции ручной сборки пакетов. Проклеенные стопы из расчета 9 листов шпона на 1 лист фанеры расчетной толщиной $\delta = 12$ мм с помощью рельсовых тележек и рольгангов перемещаются в холодный пресс для подпрессовки, далее в загрузочную этажерку 30-этажного горячего пресса. Из горячего пресса листы фанеры выталкиваются в разгрузочную этажерку и укладываются в стопы. Листы фанеры обрезаются по периметру на линии обрезки. Обрезанные листы фанеры системой цепных и роликовых конвейеров перемещаются к линии шлифования и сортировки, а также шлифуются с двух сторон. Далее фанера направляется на ламинирование. Для ламинирования фанеры в корпусе предусматривается линия ламинирования фанеры с 15-пролетными прессами. После ламинирования фанера снова обрезается, кромки ламинированной фанеры окрашиваются. Готовая товарная продукция упаковывается и автопогрузчиком отвозится на склад готовой продукции. Отходы подрезки и рубки шпона направляются в рубительную машину и перерабатываются на технологическую щепу. Щепа существующей системой транспортеров направляется в топку котельной предприятия или на склад щепы.

Для обеспечения комфортных условий и поддержания необходимых допустимых температурно-влажностных параметров, а также с целью экономии энергии, в помещениях запланированного к строительству производственного корпуса предлагается выполнить механическую приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция помещений цеха запроектирована приточно-вытяжной с механическим побуждением движения воздуха, в летний период года дополнительно предусмотрена естественная приточно-вытяжная вентиляция.

Удаление воздуха общеобменной вентиляцией предусмотрено из верхней зоны системами В7 - В11 с помощью крышных радиальных вентиляторов ВКР №8.

Над оборудованием, выделяющим теплоту и вредные вещества, предусмотрены местные отсосы: над прессами и над клеевальцами укрытия - вытяжные вентиляционные зонты. Для предотвращения распространения образующихся от вальцов вредностей в зону дыхания работающих предусмотрена подача приточного воздуха от системы П7 в виде воздушной завесы.

В летний период года дополнительно предусмотрено удаление воздуха за счет образующихся в корпусе теплоизбытков через аэрационный фонарь.

Воздуховоды шести запроектированных нами вытяжных систем вентиляции – металлические круглого сечения, прокладываются под фермами или в межферменном пространстве корпуса. Предусмотрено расположение вентиляционных установок на кровле, внутри помещения и за пределами цеха.

Приток воздуха в цех предусмотрен приточными системами П1 - П6. Подача воздуха осуществляется в верхнюю зону здания через перфорированные воздуховоды ВПК в зимний и летний периоды. В летний период дополнительный приток через открытые проемы окон и дверей.

Воздуховоды приточных систем вентиляции – металлические круглого сечения, прокладываются в межферменном пространстве и под фермами. Вентиляционные установки располагаются в приточной вентиляционной камере, пристроенной к производственному корпусу в осях 17-21; А-Б. Воздухораспределительные устройства - перфорированные круглые воздухораспределители ВПК 2.00.000-04 диаметром на головном участке 1250 мм и ВПК 2.00.000-06 с диаметром на головном участке 1000 мм.

В проекте разработана система дежурного отопления цеха, рассчитанная на поддержание в зимний период года температуры внутреннего воздуха в цехе + 5 °С. Система отопления цеха - двухтрубная тупиковая. Подающий трубопровод проложен по колоннам, над окнами первого яруса, обратный – по полу цеха. Теплоносителем в системе отопления является вода с параметрами 95-70 °С. Источником теплоснабжения является существующая котельная комбината.

В качестве отопительных приборов в здании корпуса приняты регистры из гладких труб диаметром 150 мм. Трубопроводы системы отопления диаметром более 50 мм приняты из стальных электросварных труб, диаметром 50 мм и менее – из стальных водогазопроводных труб. Для спуска воды в низших точках системы отопления установлены шаровые краны марки 11Б27п1. Для выпуска воздуха из системы преду-

смотрены воздухоборники с установкой на них кранов марки 11Б27п1 для выпуска воздуха.

Изоляция труб, прокладываемых в тепловом узле и над воротами корпуса, принята цилиндрами URSA.

Стоимость строительно-монтажных работ с учетом стоимости современного вентиляционного и отопительного оборудования составляет на 1 сентября 2009 года 20334 тыс. руб.

При разработке данного проекта определенное внимание уделено охране труда и технике безопасности при монтаже вентиляционных систем, т.к. производство работ является не менее важной частью, чем проектирование.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОФОТОМЕТРА

А.С. Максимов

*Научный руководитель В.А. Шорин, д-р хим. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Как известно, автомобильные дороги играют большую роль в жизни любой страны. Мы входим в контакт с дорогой в разных ипостасях, в таких как водитель, пассажир и пешеход. Необходимость ремонта дорожных покрытий и тротуаров возникает постоянно.

Дорожные службы нашей страны ежегодно выполняют значительные объемы работ по ликвидации появившихся дефектов и разрушений. Но методы, применяющиеся в технологии ремонта, либо устарели, либо носят временный характер. Однако и качество существующих дорог оставляет желать лучшего.

Причин образования деформаций дорожного полотна превеликое множество, одними из которых являются пучины, а также несоблюдение технологий строительства, механическое внешнее воздействие, влияние природных факторов.

Деформации дорожных одежд и покрытий классифицируются: выбоины, сдвиги покрытия, волны, трещины, впадины, проломы, колеи.

От правильности применения технологий и соблюдения условий проведения ремонтных работ зависит срок службы покрытия.

Сроки службы асфальтобетонных покрытий дорог, как правило, недопустимо низки. Наши исследования показали, что при интенсивном движении автотранспорта срок службы покрытий составляет не более 4-5 лет, а нередко 2-3 года, в то время как нормативный срок – 12-15 лет.

Состояние асфальтобетонных покрытий оказывает существенное влияние на эффективность работы автомобильного транспорта. Всевозможные повреждения и неровности на дорожном покрытии приводят к перерасходу топлива автомобилями. Возникновение повышенного уровня вибраций ускоряет износ и дорожного покрытия, и автомобилей. Наши исследования показали, что стоимость перевозок автомобильным транспортом в 1,5 раза, а расход горючего на 30% превышают аналогичные показатели развитых зарубежных стран. Исследования показывают, что увеличение общей площади повреждений покрытия на 1% приводит к увеличению расхода топлива при движении по дороге также на 1%.

Мы выполнили исследования, которые подтверждают этот факт. До сих пор практикуется заполнение ям кирпичами, щебнем и отходами, без какой либо подготовки и уплотнения.

Также в настоящее время в дорожных организациях заделка трещин на асфальтобетонных покрытиях в основном сводится к заливке их обычным нагретым битумом, который с течением времени отслаивается и уносится колёсами автомобилей. Это происходит по причине того, что все применяемые нефтяные битумы имеют низкую адгезионную способность, то есть плохое сцепление с поверхностью природных каменных материалов. Кроме того, заводские битумы имеют низкий интервал пластичности, то есть обладают недостаточной теплоустойчивостью, что приводит к низкой прочности при высоких температурах и уменьшению пластичности при низких температурах. Низкая температура хрупкости битума приводит к активному разрушению асфальтобетонного покрытия за счёт появления трещин и выбоин.

В связи с вышеизложенным, особый интерес для сохранения качества асфальтобетонных покрытий представляют составы, приготовленные на основе нефтяных битумов с введением в битум добавок, улучшающих свойства битума.

В нашей стране ежегодно появляются тысячи отработанных автомобильных шин. Объем их переработки методом измельчения не превышает 10%. Большая часть собираемых шин (20%) используется как топливо. Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

- шины не подвергаются биологическому разложению;

- шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно;
- при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье – резину.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью, т.е. вместо гор мусора мы могли бы получить новую для нашего региона отрасль промышленности – коммерческую переработку отходов.

История применения резиновой микрокрошки для асфальтирования дорог насчитывает в Китае более чем 30-летнюю историю, в Америке протяженность высококачественных шоссе с применением резиновой крошки превышает 11 тысяч километров.

Порошковая резина с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм применяется в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях.

При исследованиях изучалось влияние вводимой в асфальтобетонную смесь резиновой крошки по количеству и размерам частиц на трещиностойкость асфальтобетона и коэффициент сцепления колеса автомобиля с поверхностью проезжей части дороги и было установлено, что применение резиновой крошки в асфальтобетоне в два раза повышает коэффициент сцепления колес автомобиля на мокром покрытии. На сухом покрытии существенных изменений нет.

При использовании резиновой крошки от 0 до 1,0 мм трещиностойкость возрастает на 30%. С уменьшением размера частиц трещиностойкость увеличивается. Особенно эффективно применение частиц крошки от 0,14 мм и меньше. Частицы меньше 0,08 мм за время перемешивания распадаются, составляющие модифицируют битум, улучшая его свойства.

При небольших размерах частиц крошка распределяется по массе асфальтобетонной смеси более равномерно, повышая упругую деформацию при отрицательных температурах.

Объем дробленой резины в составе таких усовершенствованных покрытий должен составлять около 2% от массы минерального материала,

т.е. 60...70 тонн на 1 км дорожного полотна. При этом срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 - 2 раза.

Добавление резиновой крошки в битум заметно улучшает его характеристики и соответственно асфальтобетона, что отражается в следующем:

1. Повышается вязкость битума;
2. Снижается чувствительность битума к температуре;
3. Снижается текучесть битума;
4. Улучшается эластичность битума при низкой температуре;
5. Увеличивается адгезионная способность битума;
6. Увеличивается прочность и стойкость к удару покрытия дорог;
7. Увеличивается морозостойкость и стойкость к растрескиванию дорожного полотна при температурных перепадах.

У битума с резиновой крошкой заметно повышаются температурная стабильность, трещиностойкость, коэффициент сцепления, снижается уровень шума, увеличивается срок службы дорожного покрытия.

Таким образом, будучи дешевым сырьем, резиновая крошка с размером частиц до 1,0 мм широко применяется в дорожном строительстве при модификации битума, используемого для приготовления асфальтобетонной смеси.

В настоящее время согласно действующему законодательству, складирование и захоронение покрышек категорически запрещено. Однако мощностей существующих перерабатывающих предприятий недостаточно для утилизации всего объема образующихся отходов. Излишки сбрасываются на частные полигоны, невзирая на риск административного и даже уголовного наказания. Организации платят хозяевам свалок за размещение отходов и отделываются штрафами экологической инспекции за загрязнение окружающей среды.

Все это позволяет нам самым серьезным и настойчивым образом рекомендовать вводить в битум резиновую крошку, тем самым незначительно увеличивая его стоимость, но заметно улучшая его свойства и соответственно продлевая срок службы дорожного покрытия.

Для определения площади покрытия битумными мастиками каменных материалов выполняем следующие операции:

- 1) Готовим три навески щебня по 30 г:
 - щебень, поверхность которого полностью покрыта битумом (100% адгезии);
 - щебень, поверхность которого не покрыта битумом (0% адгезии);

- щебень, адгезию которого необходимо определить, обработанный битумом и прошедший испытания на определение адгезии в соответствии с действующим нормативным документом ГОСТ 11508-74.

Испытания третьей навески выполняем в следующей последовательности:

1. Перед испытанием образец битума обезвоживаем осторожным нагреванием до 105°C при перемешивании стеклянной палочкой. Битум, обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния, процеживаем через сито с сеткой № 0,7.

2. Для приготовления битумоминеральной смеси в фарфоровую чашку взвешиваем 30 г щебня.

3. Чашку выдерживаем в течение 20 мин в термостате при $130-140^{\circ}\text{C}$. Затем вынимаем её из термостата и перемешиваем щебень с битумом металлической ложкой до покрытия всей поверхности минерального материала. Затем смесь выдерживаем при комнатной температуре в течение 20 мин.

4. На металлическую сетку № 0,25 с проволочными дужками выкладываем из чашки примерно половину подготовленной битумоминеральной смеси, распределяем ее равномерным слоем и опускаем сетку в стакан с кипящей дистиллированной водой (высота слоя воды под сеткой и над смесью должна быть по 40-50 мм).

5. Сетку с испытуемыми образцами выдерживаем в кипящей воде в течение 30 мин. Кипение воды не должно быть бурным. Битум, отделившийся от смеси и всплывший на поверхность воды в процессе кипячения, снимаем фильтровальной бумагой.

6. Сетку с испытуемым битумом сразу по окончании кипячения переносим в стакан с холодной водой, где выдерживаем в течение 3-5 мин, после этого смесь переносим на фильтровальную бумагу [1].

2) Приготовленные три навески щебня помещаем в ёмкости 100 мл с раствором метиленового голубого и оставляем на 24 часа.

Метиленовый голубой – темно-зеленые кристаллы с бронзовым блеском; растворим в воде, этаноле, не растворим в эфире, бензоле, CHCl_3 . Получают окислением смеси $n\text{-(CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ с $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, окислением смеси образующегося продукта с $\text{C}_6\text{H}_5\text{N(CH}_3)_2$ (окислитель- $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с разбавлением H_2SO_4) с последующей циклизацией действием CuSO_4 и обработкой HCl . Окислительно-восстановительный индикатор (восстановленная форма бесцветна, окислительно-восстановительный потенциал при $\text{pH } 7 + 0,011 \text{ В}$, при $\text{pH } 0 + 0,53 \text{ В}$); металлохромный индикатор для определения Mg , Ca , Cd , Co , Ni , Zn при $\text{pH } 10$. Реагент спектрофотометрического определения бора в растворе 1,2-дихлорэтана при 645 нм

(нижняя граница определяемых содержаний 0,01 мкг); фотометрического определения водорода, кислорода, перхлоратов и роданидов; экстракционно-фотометрич. определения $Ti(IV)$ в растворе $CHCl_3$ в присутствии динитропиро-катехина ($I_{\text{макс}}$ ассоциата 655 нм, $\epsilon_{\text{макс}} 1,52 \cdot 10^5$).

Через 24 часа с помощью спектрофотометра определяем оптическую плотность трёх растворов.

Метиленовый голубой полностью покрывает поверхность щебня, не обработанного битумом (щебень становится голубоватого цвета). А к битуму метиленовый голубой абсолютно равнодушен и его частицы не адсорбируются на поверхности щебня, поверхность которого покрыта битумом на 100%.

Для определения площади покрытия битумом навески щебня, прошедшего испытание кипячением, необходимо при помощи спектрофотометра определить оптическую плотность растворов после 24-х часов выдерживания в них щебня. Для этого:

- выбираем нужную длину волны;
- выбираем режим «Т» работы спектрофотометра – определение оптической плотности;
- устанавливаем в одну из ячеек кювету с чистой дистиллированной водой (раствор «сравнения»);
- устанавливаем в другую ячейку заглушку (кювета с пропусканием 0% для компенсации темнового тока;
- устанавливаем в ячейки последовательно кюветы с растворами, в которых находились: щебень с адгезией 0%; щебень, прошедший испытание; щебень со 100% адгезией – соответственно.

Подводим кювету «сравнения» (с пропусканием 100% и соответственно оптической плотностью 0%) в рабочую зону, устанавливаем режим «А0%/Т100%».

Перемещаем в рабочую зону кювету-заглушку (с пропусканием 0%) и устанавливаем режим «Т0%».

Подводим в рабочую зону кювету с исследуемым раствором и снимаем показания оптической плотности D.

Повторно подводим кювету «сравнения» (с пропусканием 100% и соответственно оптической плотностью 0%) в рабочую зону, устанавливаем режим «А0%/Т100%».

Перемещаем в рабочую зону кювету с раствором, в котором находился щебень со 100% адгезией и снимаем показания оптической плотности D.

Подводим кювету «сравнения» (с пропусканием 100% и соответственно оптической плотностью 0%) в рабочую зону, устанавливаем режим «A0%/T100%».

Перемещаем в рабочую зону кювету с раствором, в котором находился щебень с адгезией 0% и снимаем показания оптической плотности D.

По полученным данным строим линию адсорбции: слева откладываем значение оптической плотности раствора, в котором находился щебень со 100% адгезией; справа откладываем значение оптической плотности раствора, в котором находился щебень с адгезией 0%. Проводим линию адсорбции, соединив крайние значения.

Откладываем значение оптической плотности исследуемого раствора и определяем адгезию по горизонтальной шкале.

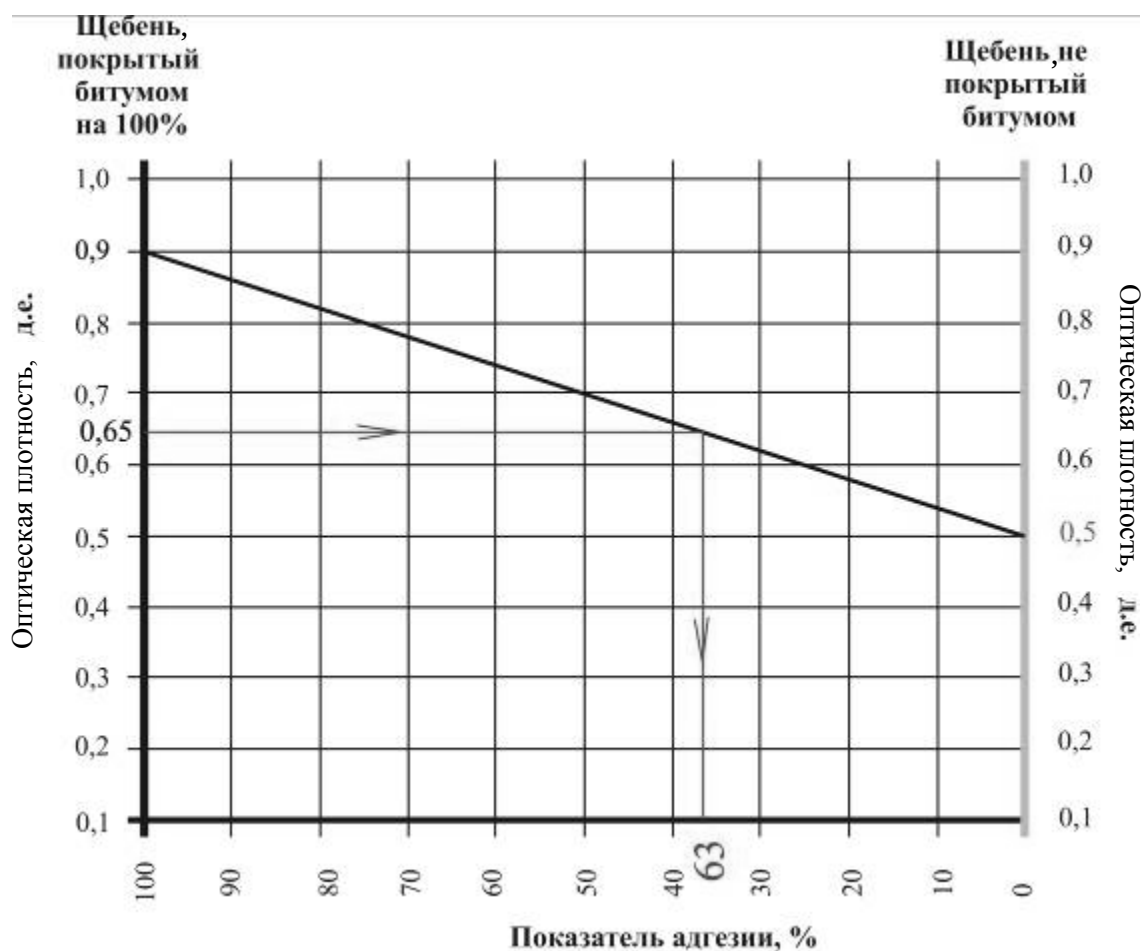


Рис. Линия адсорбции: 0,9 - оптическая плотность раствора, в котором находился щебень, покрытый битумом на 100%; 0,5 - оптическая плотность раствора, в котором находился чистый щебень; 0,65 - оптическая плотность раствора, в котором находился щебень, прошедший испытание; 63 - площадь, покрытая битумом образцов щебня, прошедших испытания

Меняя концентрацию резиновой крошки, определяем её оптимальное количество: 3-4% резиновой крошки повышают адгезионные свойства битума на 40-50%.

Выводы:

- Фотоколориметрический метод определения адгезии, по сравнению с существующим методом по ГОСТ 11508-74, даёт гораздо более точное значение адгезии в процентах по площади покрытия битумом поверхности каменных материалов. Недостатком метода по ГОСТ 11508-74 является визуальное определение площади покрытия битумом поверхности каменных материалов, что снижает точность показаний.

В результате проведённых исследований заключаем, что резиновая крошка значительно улучшает адгезионные свойства битумов.

К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

М.В. Павлов, Д.Ф. Карпов

*Научный руководитель В.И. Игонин, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Существует несколько принципиальных методов математического моделирования. Правильное использование таких методов в почвоведении требует четкого понимания специфики объекта исследования.

В качестве особенностей почвы, как объекта моделирования, можно выделить высокую сложность и иерархичность ее строения, следствием чего является многомерность фазового пространства исследуемой системы [1, 2]; незамкнутость, что говорит о необходимости совместного моделирования, как почвенных процессов, так и процессов в окружающей среде; полифакторность внешней среды, в результате чего модель почвы должна содержать много параметров, характеризующих полифакторную внешнюю среду, в которой она функционирует; целостность, которая проявляется в том, что изменение какой-либо одной подсистемы почвы обязательно скажется на других и, следовательно, приведет к изменению почвы в целом; динамичность; нестационарность – характеризуется изменением во времени характера реакции почвы на внешнее воздействие; инерционность; нелинейность, обусловленная нелинейным характером подавляющего большинства внутренних и внешних связей почвы. К тому же почва обладает рядом важных термодинамических параметров и

свойств: теплопроводностью, температуропроводностью, теплоотдачей, теплоемкостью и др.

С учетом вышеизложенных особенностей почвы особый интерес представляет построение математической модели почвы, как ключевого объекта агротехнологической системы, в которой почва выступает в роли приемника, трансформатора и аккумулятора энергии для жизнеобеспечения живых и растительных организмов.

В настоящее время известно большое количество разнообразных моделей сложных природных систем. Математическая модель играет важнейшую роль в описании исследуемого явления, так как дает количественную характеристику рассматриваемому процессу. В этом его оригинальность и преимущество по отношению к другим известным научным подходам. При их построении начинают со словесных моделей, которые в определенной мере можно будет перевести на язык математики. В том случае, когда исходная словесная модель является неточным описанием исследуемой системы, ее недостатки легко обнаруживаются при попытке преобразования в математическую форму.

При изучении сложных систем различного рода методом математического моделирования обычно выделяют три следующих принципиальных этапа работы [3]:

1. Постановка задачи. В нашем случае исследуемым объектом является высокодисперсная полифазная система – почва в агроклиматических условиях. В основе ее структуры лежит твердая, жидкая, газообразная и живая фаза. Из-за своей многогранности не только система-оригинал, но и ее модель будет не менее сложна. Кроме того, она не единственна и выбор той или иной модели напрямую связан с направлением исследования.

2. Концептуализация. Для проведения натурно-экспериментальных исследований с целью повышения точности проводимых измерений следует использовать несколько опытных площадок. Это позволит установить среднее значение искомой величины и численно определить погрешность измерений. Модель исследуемого объекта должна иметь максимально высокую степень адекватности по отношению к первичной реальности.

Основной источник тепла в почве – инфракрасное излучение. Дополнительными источниками теплоты могут быть биологические процессы и химические реакции, идущие в толще почвы, теплота смачивания, но они пренебрежимо малы [4, 5].

Тепловой баланс подстилающей поверхности почв складывается из радиационного притока тепла от инфракрасного излучателя $Q_{\text{рад}}$, теплоотдачи путем турбулентного обмена с атмосферой – Q_k , потери тепла на испарение

влаги из почвы – $Q_{\text{исп}}$, потока тепла в глубинные горизонты почвы $Q_{\text{поч}}$. Таким образом, уравнение теплового баланса для почвы будет выглядеть следующим образом (1):

$$Q_{\text{рад}} - (Q_{\text{к}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{поч}}) = 0. \quad (1)$$

Радиационный баланс поверхности почвы $Q_{\text{рад}}$ равен разности потоков падающей на землю $Q_{\text{пад}}$ и отраженной от нее $Q_{\text{отр}}$. Поглощенное поверхностью почвы тепло расходуется на нагрев глубинных горизонтов, испарение влаги из почвы и излучение. Итоговый тепловой баланс в удельных величинах представлен схематично на рис. 1.

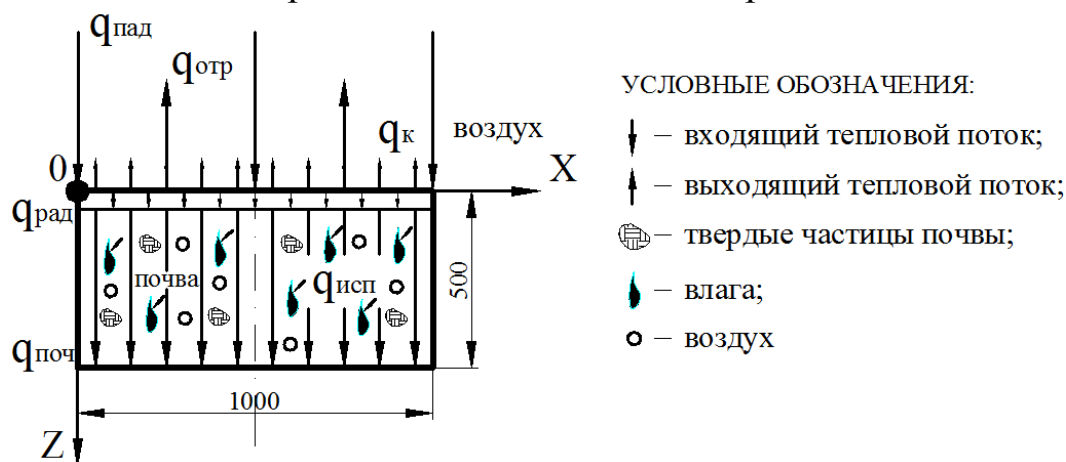


Рис. 1. Потокосные представления о модели «источник энергии – приемник»:

$Q_{\text{пад}}, Q_{\text{рад}}, Q_{\text{поч}}, Q_{\text{исп}}$ – входящие; $Q_{\text{отр}}, Q_{\text{к}}$ – выходящие тепловые потоки

3. Спецификация. Для современного почвоведения характерна общая тенденция математизации научных исследований. Разработка моделей почвенных процессов имеет большое значение не только в почвоведении, но и при изучении глобальных биосферных процессов. При моделировании сложных динамических систем, как правило, применяется системный анализ.

Пусть существует система S – наш объект исследования. В состав системы S входят n отдельных элементов $X = \{X_1, \dots, X_n\}$. В системе S происходят внутренние процессы, и вследствие своей открытости она испытывает воздействие со стороны бесчисленного множества внешних по отношению к ней систем $V_1, \dots, V_m$, однако, избрав определенную норму интенсивности воздействия, можно установить конечное число внешних систем $V_1, \dots, V_j$, находящихся с данной системой S во взаимодействиях с интенсивностью не менее некоторого заданного уровня. Множество, состоящее из всех внешних систем, находящихся в существ-

венной (в указанном смысле) связи с данной системой S , называется ее окружающей средой и обозначается $V = \{V_1, \dots, V_j\}$.

Множество связей элементов системы между собой, а также элементов системы с окружающей средой называется структурой системы S и обозначается следующим образом (2):

$$\Psi = \{\sigma_1, \dots, \sigma_r\}, \quad (2)$$

где r – число рассматриваемых связей, образующих структуру системы S .

Окружающая среда, состав и структура системы могут изменяться с течением времени, что можно выразить записью (3):

$$\begin{aligned} V &= V(\tau) = \{V_1(\tau), \dots, V_k(\tau)\}, \\ X &= X(\tau) = \{X_1(\tau), \dots, X_n(\tau)\}, \\ \Psi &= \Psi(\tau) = \{\sigma_1(\tau), \dots, \sigma_r(\tau)\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Следовательно, открытая система S является динамической, т. е. (4):

$$S = S(\tau) = S[V(\tau), X(\tau), \Psi(\tau)]. \quad (4)$$

Сущность метода моделирования будет состоять в том, что наряду с исследуемой системой (оригиналом), которую обозначим через $S^0 = S^0(\tau) = S^0[V^0(\tau), X^0(\tau), \Psi^0(\tau)]$, рассмотрим ее модель, в качестве которой выступает некоторая другая система $S = S(\tau) = S[V(\tau), X(\tau), \Psi(\tau)]$, представляющая собой образ (подобие) оригинала S^0 при моделирующем отображении, что принято обозначать записью [2] (5):

$$f : (S^0) \rightarrow S. \quad (5)$$

Система S называется моделью системы-оригинала S^0 , если задано моделирующее отображение f .

Модель представляет собой упрощенный образ системы-оригинала. Это упрощение достигается моделирующим отображением, при котором сознательно исключаются из рассмотрения некоторые элементы системы-оригинала. Точно копировать систему-оригинал не имеет смысла, так как задача моделирования заключается в том, чтобы найти возможно допустимое упрощение исследуемой системы для установления ее функции. При этом моделирующее отображение не должно искажать структуру системы-оригинала, т. е. если некоторые элементы системы-оригинала S^0 были связаны некоторыми отношениями, то их образы в модели S должны быть связаны образами этих же отношений.

В качестве системы-оригинала представлена система – органическое вещество почвы в агроклиматических условиях (рис. 2). Внешняя среда этой системы V^0 образована тремя элементами: атмосферой

$V_1^0 = \{V_{11}^0, V_{12}^0, V_{13}^0, V_{14}^0\}$, где V_{11}^0 – система отопления; V_{12}^0 – солнечная радиация; V_{13}^0 – предварительно подогретый атмосферный воздух; V_{14}^0 – влага (орошение); фитоценозом (растительным сообществом) V_2^0 и глубинными слоями почвы V_3^0 .

Внутренний состав системы X^0 представляют шесть элементов: X_1^0 – растительные и органические остатки, не потерявшие анатомического строения; X_2^0 – механический и химико-минералогический состав почвы; X_3^0 – влага, почвенный раствор; X_4^0 – низкомолекулярная и высокомолекулярная фракция почвенного гумуса; X_5^0 – воздух; X_6^0 – микроорганизмы. На рис. 2 в качестве первичной реальности представлена система – органическое вещество почвы. Структура системы Ψ^0 образована 20 связями $\sigma_1^0, \dots, \sigma_{20}^0$.

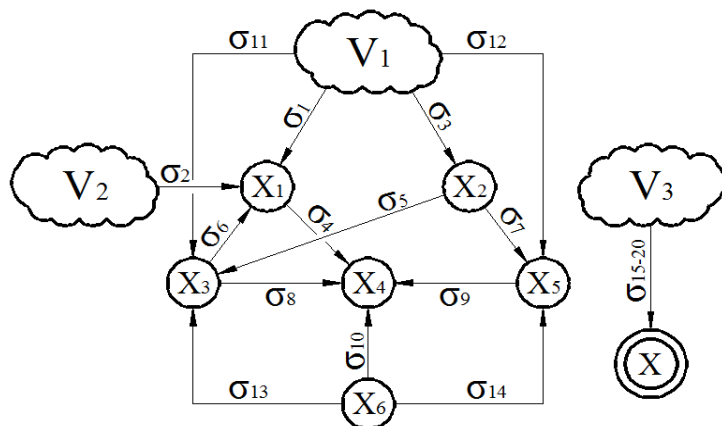


Рис. 2. Система-оригинал
 $S^0 = S^0 [V^0, X^0, \Psi^0]$

В результате огрубления была получена система $S = S(V, X, \Psi)$, где окружающая среда $V = \{V_1, V_2\}$ представлена двумя элементами: $V_1 = \{V_{11}, V_{12}\}$ – инфракрасным излучателем, где V_{11} – система отопления; V_{12} – солнечная радиация, и атмосферой внутри помещения с ее микроклиматическими параметрами воздуха V_2 (рис. 3).

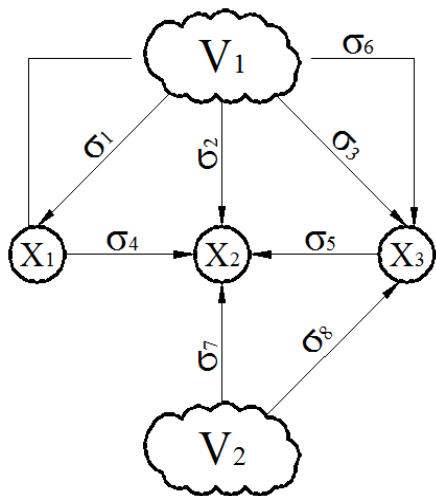


Рис. 3. Модель
системы-оригинала
 $S^0 S = S [V, X, \Psi]$

Рассмотрим нашу систему S , в которую входят опытная площадка X . Причем данная система имеет свою внутреннюю структуру $X = \{X_1, X_2, X_3\}$, где X_1 – твердые частицы почвы; X_2 – влага; X_3 – воздух. Внутренний состав системы X образуют три основных элемента. Аналитически это можно представить следующим образом $X = \{X_1(X_{11}, X_{12}, X_{13}), X_2, X_3\}$, где X_{11} – растительные и неспецифические органические соединения почвы, способные выделять незначительную теплоту при органическом разложении; X_{12} – низкомолекулярные и вы-

сокомолекулярные фракции почвенного гумуса; X_{13} – механический и химико-минералогический состав почвы.

Структура системы Ψ представлена 8 связями, $\sigma_1, \dots, \sigma_8$.

Отображение f сливает сложный элемент V_1^0 системы-оригинала S^0 в один два более простых по структуре элемента V_1 и V_2 модели S , а многокомпонентный состав системы-оригинала $X_1^0, X_2^0, X_3^0, X_4^0, X_5^0$ и X_6^0 в трехфазную систему почвы $X = \{X_1, X_2, X_3\}$.

После того как модель будет исследована, возникает проблема ее интерпретации, т. е. перевода утверждений, полученных относительно модели, на утверждения относительно системы-оригинала. Интерпретация модели не является строго однозначной, так как, разобравшись в менее сложной системе, нужно применить полученные результаты к более сложной. Возможность моделирования сложных систем различного рода, к которым относится почва, в значительной степени зависит от принципа иерархической организации или принципа интегративных уровней. Этот принцип утверждает, что для предсказания поведения сложной системы не обязательно точно знать, как ее компоненты построены из более простых компонентов. В зависимости от характера огрубления для одной и той же системы-оригинала можно получить несколько различных моделей. Степень детализации модели, форма ее представления в первую очередь определяются целями исследования. На заключительном этапе должен быть проведен анализ результатов, сопоставление их с данными натурных экспериментов.

Рассмотрев некоторые вопросы моделирования тепловых процессов в почве, остановимся на математической модели процессов тепломассообмена, протекающих в исследуемой среде (6) – (13).

Базируясь на феноменологическом подходе, который позволяет рассматривать почву как некоторую квазиоднородную среду, к ней применимо уравнение теплопроводности с поправкой на наличие в почве процессов излучения, конвекции и переноса вещества (6):

$$\frac{\partial}{\partial z} \lambda(z, \tau) \frac{\partial T}{\partial z} = C_v(z, \tau) \frac{\partial T}{\partial \tau}, \quad (6)$$

где $C_v(z, \tau)$ – объемная теплоемкость почвы.

Зависимости $\lambda(z, \tau)$ и $C_v(z, \tau)$ определяются пространственным и временным ходом физических свойств почвы и, прежде всего, влажностью W и плотностью ρ почв. Для большинства типов почв установлены эмпирические зависимости $\lambda(W, \rho)$ и $C_v(W, \rho)$ [6] (7), (8):

$$\lambda = \rho \cdot (c_0 + 0,1W) \cdot (k_1 \cdot (W - k_4)^2 + k_2 \cdot \rho + k_3) \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

$$c = c_0 \cdot \rho + c_{\text{вод}} \cdot \rho \cdot W, \quad (8)$$

где c_0 – удельная теплоемкость абсолютной сухой почвы; $c_{\text{вод}}$ – удельная теплоемкость воды; коэффициенты k_i ($i = 1, 2, 3, 4$) зависят от типа почв.

Используя эти зависимости для известного типа почвы и конкретного распределения $W(z, \tau)$ и $\rho(z, \tau)$, всегда можно определить эквивалентные значения коэффициентов теплопереноса с учетом их пространственно-временной изменчивости.

Формулировка краевых условий к уравнению теплопроводности (6) сводится к заданию начального условия, выбору граничного условия на верхней границе (поверхности почвы) и определению входящих в него параметров, выбору граничного условия на нижней границе почвенного массива.

Начальное условие представляет собой распределение температуры в профиле почвы в начальный момент времени $\tau = 0$ (9):

$$T|_{\tau=0} = f(z). \quad (9)$$

Функция $f(z)$, описывающая распределение температуры почвы по глубине, может быть получена по результатам экспериментальных наблюдений или по климатологическим данным.

Граничные условия могут быть различны в зависимости от задач исследования.

Если задача состоит в изучении теплообменных процессов внутри почвенного массива, а термическая ситуация вблизи поверхности почвы рассматривается как фон, на котором эти процессы изучаются, то выбирают граничное условие первого рода, т.е. задается временной ход температуры на поверхности почвы (10):

$$T(0, \tau)|_{z=0} = f_1(\tau), \quad (10)$$

где $f_1(\tau)$ – функция, описывающая температуру поверхности почвы на некотором промежутке времени $\tau_0 \leq \tau \leq \tau_n$, в течение которого изучается процесс.

В тех случаях, когда изучается влияние теплового баланса поверхности почвы или его составляющих на тепловой режим почв, применяют граничное условие второго рода (11):

$$-\lambda(0, \tau) \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial z} = f_2(\tau), \quad z = 0, \quad (11)$$

где $q(0, \tau) = f_2(\tau)$ – алгебраическая сумма потоков тепла на поверхности почвы.

При выборе граничного условия на нижней границе почвенного массива обычно принимается во внимание то обстоятельство, что температурные колебания с глубиной затухают и, начиная с некоторой глубины

H , температура почвы на рассматриваемом интервале времени практически не изменяется. Если расчетный интервал времени не более суток, то $H \leq 0,5\text{ м}$. Для месячных и сезонных промежутков времени $H = 1 - 2\text{ м}$ [6]. Поэтому граничное условие задается следующим образом (12):

$$T|_{z=H} = T_H, \text{ при } T_H = \text{const}. \quad (12)$$

Если при постановке задачи оказывается, что интересующая нас глубина почвенного массива $h < H$, то граничное условие можно задать в следующем виде (13):

$$T|_{z=h} = f_h(\tau), \quad (13)$$

где $f_h(\tau)$ – описывает временной ход температуры на глубине.

Наряду с рассмотренными выше прямыми задачами теплопроводности, в которых известны начальные, граничные условия и теплофизические характеристики почв, а определяется ее температура как функция координат и времени, большой интерес вызывают обратные задачи. Решая обратные задачи, можно по имеющимся температурным данным в почве получить информацию о теплофизических характеристиках, температуре и потоке тепла на границах почвенного массива.

В данной работе выделен ряд особенностей почвы, как объекта моделирования, предложен алгоритм моделирования и математическая модель исследуемых процессов тепломассопереноса в исследуемой агробиотехнологической термогидродинамической системе «источник энергии – преобразователь».

Литература

1. Воронин, А.Д. Методологические принципы и важность концепции иерархии уровней почвенной структурной организации / А.Д. Воронин // Вестник Моск. ун-та. Сер. почв. – 1979. – №1.
2. Розанов, Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М., 1983.
3. Гильманов, Т.Г. Математическое моделирование биогеохимических циклов в травяных экосистемах / Т.Г. Гильманов. – М., 1978.
4. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов в поле и в лаборатории / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Высшая школа, 1961. – 345 с.
5. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика: учеб. пособие для студентов вузов / В.Н. Богословский. – М.: НП «АВОК» Северо-Запад, 2006. – 400 с.
6. Чудновский, А.Ф. Теплофизика почв: учеб. для вузов по агротехническим специальностям / А.Ф. Чудновский. – Л., 1976.

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

А.В. Попов

*Научный руководитель А.А. Аскадский, д-р хим. наук, профессор
Московский государственный строительный университет
г. Москва*

В современном строительстве полимерные материалы применяются настолько широко, что уже теснят с рынка традиционные материалы (дерево, сталь, бетон). Наряду с первичными полимерами применяются и материалы, которые получают с использованием полимерных отходов. Объектом наших исследований являются первичный и вторичный полипропилен (ПП). Вторичные материалы получены в результате рециклинга отходов лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ). Согласно СанПиН 2.17.7.728-99, где приведена классификация отходов ЛПУ, были организованы мероприятия сбора, обеззараживания и утилизации [1].

Перед исследованием прочностных свойств вторичного ПП были изучены ИК-спектры используемых материалов, с целью получения информации о химическом составе образцов. Анализ ИК-спектров позволил провести предварительную идентификацию образцов первичного и вторичного ПП. Представленный рисунок (рис. 1) подтверждает, что для производства корпусов шприцов ЛПУ используют полипропилен. Видно, что полученные спектры для вторичного материала практически совпадают со спектрами для первичного материала, незначительные отклонения спектров свидетельствуют о том, что во вторичном материале присутствуют примеси. Для выяснения характера примесей и их количества был выполнен анализ методом рентгеноспектрального анализа.

Для выяснения элементного состава примесей в образцах первичного и вторичного ПП был записан и расшифрован спектр рентгеновской флуоресценции на спектрометре VRA-30 (Германия) с Mo-трубкой в режиме 40 кВ×20 мА. Проведена спектрометрия (измерение интенсивностей) обнаруженных линий, и после калибровки спектрометра по стандартам на основе ПС выполнен полуколичественный расчет концентраций примесей железа, титана, цинка, меди, кальция и кремния.

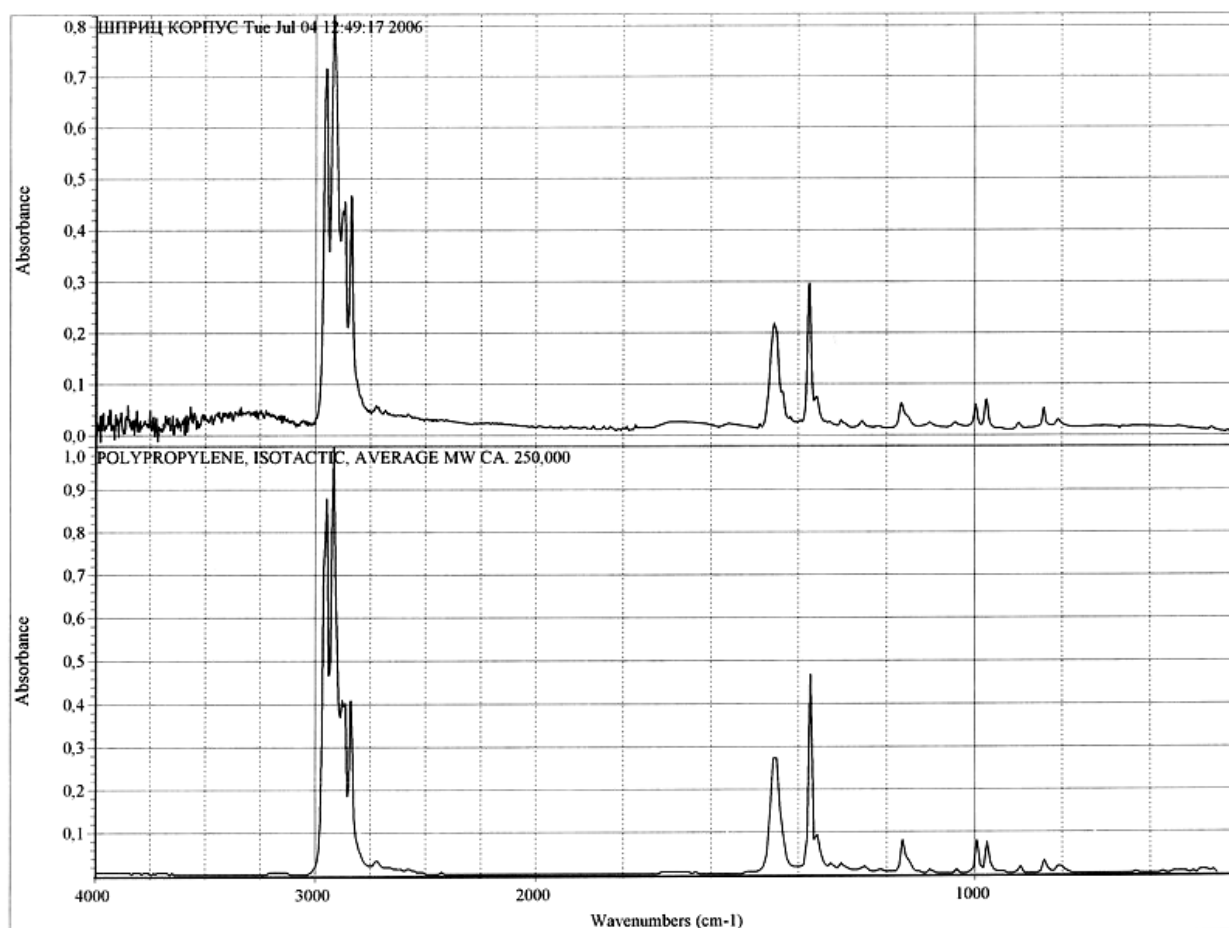


Рис. 1. ИК-спектр первичного (Polypropylene) и вторичного (Шприц корпус) полипропилена

Рентгеноспектральный анализ показал, что в образцах вторичного ПП содержится ряд примесей, характер и количество которых приведено ниже. В наибольшем количестве присутствуют примеси (%): Ca 0.0170, Ti 0.002, Fe 0.006 и Cu 0.006. Причина этого состоит, по-видимому, в том, что данные элементы присутствуют как в составе крови, так и вообще распространены в природе и могут попадать в полимер при его переработке. Указанные примеси могут играть роль зародышей структурообразования ПП, в результате чего в переработанном вторичном ПП может образовываться более совершенная кристаллическая структура (рис. 2). Величины степени кристалличности для первичного и вторичного полипропилена составляют 70 и 83 %, соответственно. Поскольку условия переработки этих образцов были совершенно одинаковыми (температура, давление, время выдержки, скорость нагрева и охлаждения), можно сделать вывод, что различие в степени кристалличности обусловлено наличием упомянутых выше примесей.

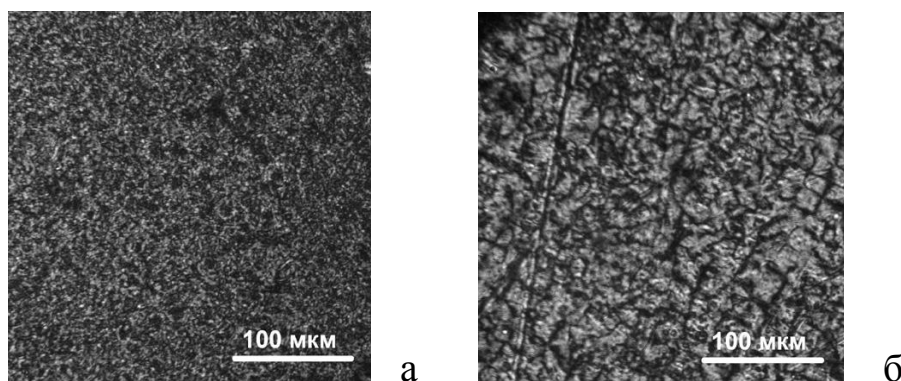


Рис. 2. Микрофотографии структур первичного (а) и вторичного (б) ПП.

При испытании образцов первичного и вторичного ПП на прочность получены графики (рис. 3), показывающие зависимости напряжения от деформации при сжатии. Кривые сжатия и релаксации напряжения измеряли на блочных микрообразцах размером $4 \times 4 \times 6$ мм на приборе для микромеханических испытаний. Скорость деформации при получении кривых сжатия составляла 0,0468 мм/мин. С помощью данного эксперимента рассчитаны механические характеристики исследуемых материалов. Модули упругости первичного и вторичного ПП имеют значения 300 и 822 МПа. Предел прочности для вторичного ПП равен 29,7 МПа, а первичного – 16,4 МПа.

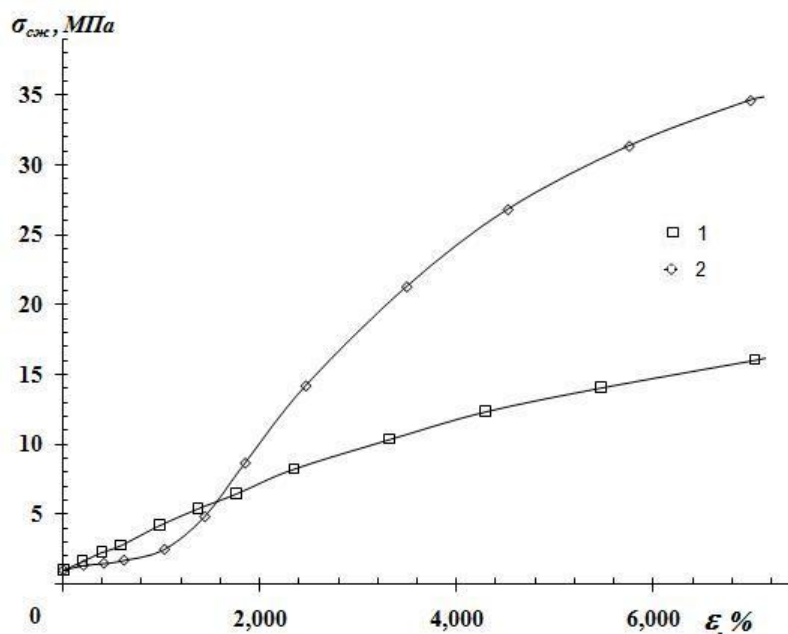


Рис. 3. Кривые сжатия первичного (1) и вторичного (2) полипропилена

Термомеханические кривые для образцов первичного и вторичного ПП показаны на рисунке 4. Хорошо видно, что кривые практически идентичны; обращает на себя внимание то, что первичный ПП проявляет небольшие деформации в области температур от комнатной до темпера-

туры плавления, что связано с присутствием небольшого количества аморфной части.

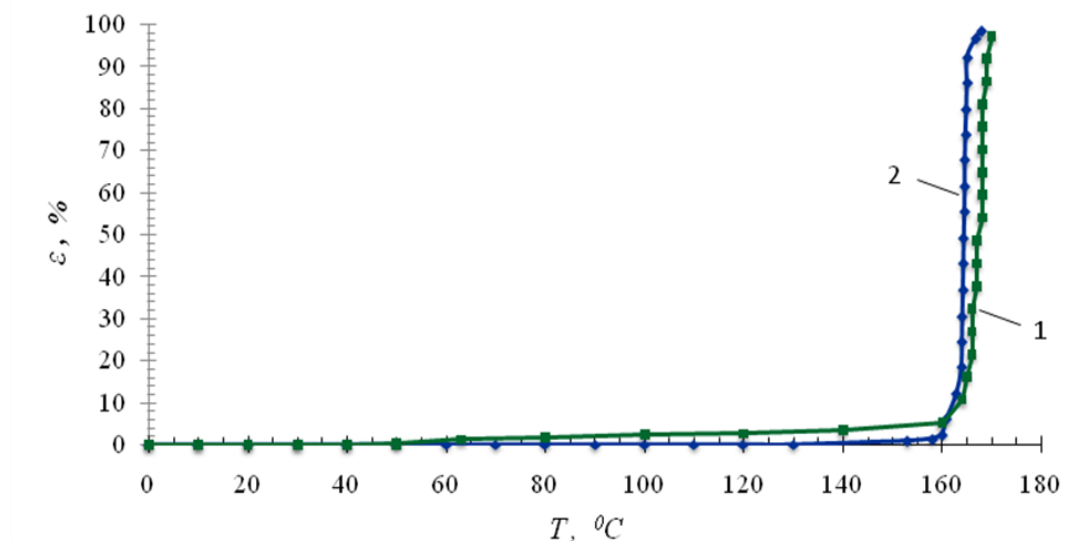


Рис. 4. Термомеханические кривые первичного (1) и вторичного (2) ПП.

Вывод: результаты описанных выше исследований доказывают несомненное влияние микроструктуры материала на их прочностные свойства и этим выводом нельзя пренебрегать при создании новых полимерных материалов различного назначения, полученных путем рециклинга.

Литература

1. Попова М.Н. Проблемы утилизации полимерных отходов лечебно-профилактических учреждений / М.Н. Попова, Д.В. Пашкова // Экология промышленного производства. 2004. – № 1. – С. 54.

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ПОКРЫТИЯ ПО КРИТЕРИЮ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.Н. Редькин

Научный руководитель **В.С. Уткин**, д-р техн. наук профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Надежность является одним из основных показателей качества любой продукции, в том числе строительной. В последнее время проблеме расчета надежности уделяется внимание во всем мире [1, 2, 3, 4]. И это не случайно, а объективная необходимость, вызванная масштабами

строительства, сложностью и ответственностью по безопасности сооружений и рядом крушений и аварий в последнее время.

В представленной работе рассматривается задача расчета надежности стальной балки при ограниченной статистической информации на стадии эксплуатации.

Для определения надежности несущих строительных элементов необходимо наличие математической модели предельного состояния и статистическая информация в виде функции распределения и их параметров модели предельного состояния. Математическая модель состояния отказа балки, представленной на рис.1. в виде расчетной схемы, по критерию допущения краевой пластической деформации (прочности) имеет вид:

$$\tilde{\sigma} > \tilde{\sigma}_T \quad (1)$$

где $\tilde{\sigma}$ - наибольшее напряжение от эксплуатационной нагрузки,

$\tilde{\sigma}_T$ - предел текучести стали.

В качестве одного из примеров примем $\tilde{\sigma}$ нечёткой переменной, $\tilde{\sigma}_T$ случайной величиной.

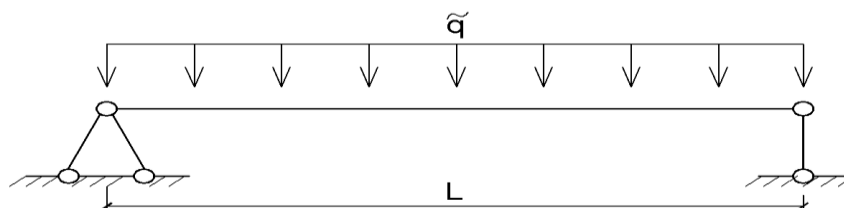


Рис. 1. Расчетная схема балки

Для определения значений нормальных напряжений на стадии эксплуатации необходимо провести мониторинг деформаций. Для этого в конструкции выявляется место с наибольшим напряжением (деформацией), где устанавливают измерители деформаций (перемещений). Для балки это место в середине пролета, в верхнем или нижнем поясе, как показано на рис. 2.

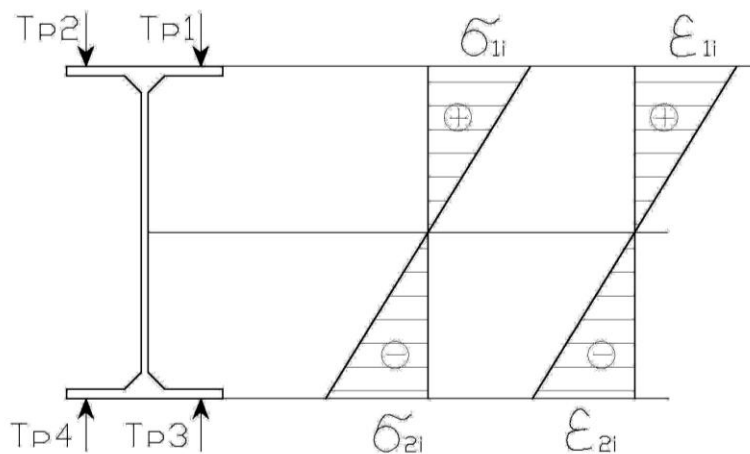


Рис. 2. Распределение деформаций напряжения в сечении балки и места установки тензометров (Tr1 и Tr2 или Tr3 и Tr4).

Установку тензометров производят в любое удобное время, до или после появления нагрузки (в данном случае для балки кровли решающей будет снеговая и постоянная нагрузка). Показания тензометров фиксируются на носителе информации. После чего производят математическую обработку результатов испытаний и по закону Гука $\sigma = \varepsilon E$, приняв модуль упругости по нормативной литературе, определяют значения напряжений.

Допустим, что по результатам мониторинга было выявлено значение среднего арифметического $\bar{\sigma} = 250$ МПа и среднее квадратическое отклонение $S_{\sigma} = 15$ МПа. Примем для σ_T стали нормальное распределение с параметрами $m_{\sigma_T} \approx \sigma_T = 275$ МПа и $S_{\sigma_T} = 0,1 \cdot \sigma_T = 27,5$ МПа. $\sigma_T \{318,57, 273,29, 261,16, 297,3\}$. Математическая модель отказа описывается видом (1).

Рассмотрим варианты решения задачи:

1) Решим задачу вероятностным методом для случая, когда обе случайные величины подчиняются нормальному закону распределения. В этом случае находят характеристику безопасности (по А.Р. Ржаницину) или индекс безопасности $\beta = \frac{\sigma_T - \sigma}{\sqrt{S_{\sigma_T}^2 + S_{\sigma}^2}}$. Вообще β лучше называть мерой

надежности. По значениям β при нормальных законах распределения базисных переменных можно найти вероятность безотказной работы P , используя таблицы (β, P) по А.Р. Ржаницину [1] или по В.Д. Райзеру [2].

В нашем случае

$$\beta = \frac{\sigma_T - \sigma}{\sqrt{S_{\sigma_T}^2 + S_{\sigma}^2}} = \frac{275 - 250}{\sqrt{27,5^2 + 15^2}} = 0,7981,$$

Вероятность безотказной работы $P = \Phi(\beta) = 0,785$.

2) Расчет надежности балки вероятностным методом.

Математическая модель состояния отказа – прежняя (1).

Будем считать, что σ и σ_T характеризуются функциями распределения возможностей (ФРВоз) вида

$$\left. \begin{aligned} \pi_{\sigma}(\sigma) &= \exp\left\{-\left[\left(\sigma - a_{\sigma}\right)/b_{\sigma}\right]^2\right\} \\ \pi_{\sigma_T}(\sigma_T) &= \exp\left\{-\left[\left(\sigma_T - a_{\sigma_T}\right)/b_{\sigma_T}\right]^2\right\} \end{aligned} \right\},$$

где $a_{\sigma_{\text{ЭК}}} = \frac{\sigma_{\text{ЭК}}^{\max} + \sigma_{\text{ЭК}}^{\min}}{2}$, $a_{\sigma_{\text{нр}}} = \frac{\sigma_{\text{нр}}^{\max} + \sigma_{\text{нр}}^{\min}}{2}$ – «среднее» значение;

$$b_{\sigma_{\text{ЭК}}} = \frac{\sigma_{\text{ЭК}}^{\max} - \sigma_{\text{ЭК}}^{\min}}{2\sqrt{-\ln \alpha}}, \quad b_{\sigma_{\text{нр}}} = \frac{\sigma_{\text{нр}}^{\max} - \sigma_{\text{нр}}^{\min}}{2\sqrt{-\ln \alpha}}, \quad \alpha \in [0,1].$$

Чтобы найти надежность элемента, нужно выяснить возможность реализации события $\tilde{\sigma} \leq \tilde{\sigma}_r$, что осуществляется сравнением средних значений a_{σ} и a_{σ_r} (при $a_{\sigma} < a_{\sigma_r}$ возможность работоспособного состояния элемента $R=1$) и сравнением значений ФРВоз, из которого выявляется возможность отказа Q [3].

Чтобы найти возможность отказа Q нужно знать значение σ_* , которое можно найти из совместного решения системы уравнений (1.3), т.е. из

$$\left| (\sigma_{\text{эк}} - a_{\sigma_{\text{эк}}}) / b_{\sigma_{\text{эк}}} \right| = \left| (\sigma_{\text{нр}} - a_{\sigma_{\text{нр}}}) / b_{\sigma_{\text{нр}}} \right|, \text{ при } a_{\sigma} \leq \sigma_* \leq a_{\sigma_{\text{нр}}}$$

Примем для решения задачи, что оба параметра условия (1) подчиняются нормальному закону распределения. Сгенерируем значения: $\sigma \{273.76, 249.07, 242.45, 262.16\} \text{ МПа}$ и $\sigma_r \{318.57, 273.29, 261.16, 297.3\}$.

Для нашей задачи:

$$a_x = 0,5(X_{\max} + X_{\min}) = 258,1, a_y = 289,86, b_x = 0,5(X_{\max} - X_{\min}) / \sqrt{\ln \alpha} = 17,6, b_y = 32,12$$

$$\text{при } \alpha = 0,45; \left| \frac{x - a_x}{b_x} \right| = \left| \frac{y - a_y}{b_y} \right| \rightarrow \left| \frac{x - 258,1}{17,6} \right| = \left| \frac{x - 289,86}{32,12} \right| \Rightarrow x = 269,34.$$

$$\text{т.к. } x \in [258,1; 289,86], \text{ и } a_x < a_y, \text{ то } R=1 \text{ и } Q = e^{-\left(\frac{269,3-258,1}{17,6}\right)^2} = 0,665$$

$$N = 1 - Q = 0,335, \text{ надежность будет характеризоваться интервалом } [0,335, 1]$$

3) Расчет надежности балки с использованием неравенства Чебышева для описания нечеткой переменной $\tilde{\sigma}_r$.

Разработан новый подход к оценке надежности несущего элемента конструкции для ситуаций, в которой об одном базовом параметре математической модели предельного состояния имеется полная статистическая информация например о $\tilde{\sigma}_r$, а о другом параметре $\tilde{\sigma}$ модели известны лишь значения среднего и дисперсии. Для описания базового параметра $\tilde{\sigma}$ с ограниченной информацией используется неравенство Чебышева.

Верхняя граница $\bar{P}(x)$ для множества возможных функций распределения вероятностей $P(x)$ для нечеткой переменной X будет характеризоваться функцией распределения вероятностей

$$\bar{P}(x) = \begin{cases} \frac{S^2}{(m_x - x)^2 + S^2}, & \text{если } x < m_x \\ 1, & \text{если } x \geq m_x \end{cases} \quad (2)$$

Функция нижней границы распределения вероятностей $\underline{P}(x)$ представлена следующими функциями:

$$\underline{P}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < m_x \\ 1 - m_x / x, & \text{если } m_x \leq x \leq m_x + S^2 / m_x \\ \frac{(m_x - x)^2}{(m_x - x)^2 + S^2}, & \text{если } x > m_x + S^2 / m_x \end{cases} \quad (3)$$

где m_x – математическое ожидание, S – среднее квадратическое отклонение переменной X .

Для расчета надежности несущего элемента воспользуемся комбинированным методом с использованием неравенства Чебышева при описании одной (нечеткой) переменной – прочности $\tilde{\sigma}_r$ граничными функциями распределения вероятностей $\bar{P}(x)$ и $\underline{P}(x)$. Обозначив $\tilde{\sigma}_r = X$, $\tilde{\sigma} = Y$.

Из работы [4] и анализа события $X < Y$ для нечетких переменных X и Y будем иметь

$$\underline{Q} = \int_V \int \underline{\rho}_X(x) \bar{\rho}_Y(y) dx dy,$$

$$\bar{Q} = \int_V \int \bar{\rho}_X(x) \underline{\rho}_Y(y) dx dy.$$

Если принять X нечеткой переменной с известными значениями m_x и S , а Y случайной величиной с известным законом распределения, то будем иметь

$$\underline{Q} = \int_V \int \underline{\rho}_X(x) \rho_Y(y) dx dy,$$

$$\bar{Q} = \int_V \int \bar{\rho}_X(x) \rho_Y(y) dx dy.$$

С учетом формул (2) и (3) для $\bar{P}(x)$ и $\underline{P}(x)$, полученных с использованием неравенства Чебышева, найдем функции условных (нижней и верхней) плотностей распределения нечеткой переменной X .

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{\rho}_X(x) &= \begin{cases} \frac{2(m_x - x)S^2}{[(m_x - x)^2 + S^2]^2}, & \text{если } x < m_x \\ 0, & \text{если } x \geq m_x \end{cases} \\ \underline{\rho}_X(x) &= \begin{cases} 0, & \text{если } x < m_x \\ m_x / x^2, & \text{если } m_x < x < (m_x + S^2 / m_x) \\ \frac{-2(m_x - x)[(m_x - x)^2 + S^2] + 2(m_x - x)^3}{[(m_x - x)^2 + S^2]^2}, & \text{если } x > (m_x + S^2 / m_x) \end{cases} \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Расчетные формулы для значений вероятностей отказа по (2) и (3) с учетом (4) примут вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \underline{Q} &= \int_{m_X}^{(m_X + S_X^2 / m_X)} \frac{m_X}{x^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_Y} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx + \int_{m_X + S_X^2 / m_X}^{\infty} \frac{2(x - m_X) [(m_X - x)^2 + S_X^2] + 2(m_X - x)^3}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \times \\ &\times \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_Y} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx, \\ \bar{Q} &= \int_0^{m_X} \frac{2(m_X - x) S_X^2}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_Y} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx. \end{aligned} \right.$$

Соответственно надежность будет характеризоваться интервалом $[\underline{P} = 1 - \bar{Q}, \bar{P} = 1 - \underline{Q}]$.

Примем, для данной задачи, что $\tilde{\sigma}_T$ изменяется по нормальному (гауссовскому) закону распределения, с функцией плотности вероятности

$$\rho_Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_Y} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}}$$

Математическая модель состояния отказа имеет вид $\tilde{\sigma} > \tilde{\sigma}_T$ или в другой записи $\tilde{X} < \tilde{Y}$.

Получим расчетные формулы для значений $\bar{Q}$ и $\underline{Q}$.

$$\begin{aligned} \bar{Q} &= \int_0^{m_X} \frac{2(m_X - x) S_X^2}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx, \\ \underline{Q} &= \int_{m_X}^{(m_X + S_X^2 / m_X)} \frac{m_X}{x^2} \int_x^{\infty} \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx + \int_{(m_X + S_X^2 / m_X)}^{\infty} \frac{-2(m_X - x) [(m_X - x)^2 + S_X^2] + 2(m_X - x)^3}{[(m_X - x)^2 + S_X^2]^2} \times \\ &\times \int_x^{\infty} \frac{1}{S_Y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_Y)^2}{2S_Y^2}} dy dx. \end{aligned}$$

Используя компьютерную программу, найдем $\underline{Q} = 0,0034$, $\bar{Q} = 0,5699$. Значения вероятностей безотказной работы балки найдем из $\underline{P} = 1 - \bar{Q}$, $\bar{P} = 1 - \underline{Q}$. Надежность по критерию прочности будет характеризоваться интервалом $[0,430; 0,997]$.

Выводы:

- 1) Приведены варианты решения задачи расчета надежности балки в состоянии эксплуатации несколькими способами.
- 2) Приведены краткие алгоритмы решения задачи расчета надежности вероятностно-статистическим, возможным и комбинированным, с использованием неравенства Чебышева, методами.

Литература

1. Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность /А.Р. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.
2. Райзер, В.Д. Теория надежности в строительном проектировании /В.Д. Райзер. – М.: Изд. АСВ, 1998. – 304 с.
3. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике /Д, Дюбуа, А. Прад. Пер. с фр. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
4. Уткин, Л.В. Анализ риска и принятия решений при неполной информации. Монография / Л.В. Уткин. – СПб.: Наука, 2007. – 404 с.

**К РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
ПО ОТТАИВАНИЮ МЕРЗЛОГО ГРУНТА
ПРИ СТРОИТЕЛЬНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТАХ**

Ю.В. Рыбина, Е.В. Смирнова, И.А. Суханов

Научный руководитель А.А. Сеницын, канд. техн. наук
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Поиск новых технологических решений и систем подготовки грунта при ремонтно-строительных работах является весьма актуальной задачей в нашей стране в связи с ее суровыми природно-климатическими условиями. Так, практически вся территория России подвержена влиянию отрицательных температур, что создает дополнительные сложности для разработки грунтов в зимний период. Повышенная механическая прочность мерзлых грунтов препятствует его разработке обычными техническими средствами, применение специальных средств рыхления или резания на отдельные куски и в условиях сложного городского подземного хозяйства чревато еще большими повреждениями. Проблема разработки мерзлых грунтов возникает, в первую очередь, перед коммунальными и энергоснабжающими организациями. Большое число

аварийных ситуаций в течение всего года связано с разрывами трубопроводов различного назначения. Время восстановления работоспособности участка напрямую зависит от скорости вскрытия ремонтной бригадой поврежденного трубопровода. Кроме того, в грунте проложены коммуникации, для которых применение открытого огня и электрического поля запрещено. К примеру, отопление площадки с замерзшими газопроводами необходимо производить только нагретым теплоносителем и, желательно, без контакта последнего с газопроводами.

Сущность методов оттаивания и размораживания мерзлого грунта заключается в изменении структурного состояния одного из компонентов – воды (переход из твердого состояния в жидкое) при введении извне дополнительной энергии без нарушения структурного состояния самого грунта.

При применении целого ряда методов подготовки мерзлых грунтов к разработке путем введения дополнительной энергии в грунте происходят одни и те же теплофизические процессы, которые в литературе называются методами искусственного оттаивания грунта.

Оттаивание мерзлого грунта – сложный термодинамический процесс, протекающий в неоднородной капиллярно-пористой среде и осложненный наличием фазовых переходов грунтовой влаги. При прогреве грунта под воздействием тепловой энергии нагревателя происходит плавление льда, перераспределение образовавшейся при этом влаги и перемещение границы оттаивания. Интенсивность процесса и формирование температурного поля зависят от грунтовых условий и тепловых характеристик нагревателя.

Глубина промерзания грунта зависит от многих факторов и их сочетания. Чем меньше глубина промерзания, тем меньше энергозатраты на производство земляных работ. При небольших объемах работ и невозможности разрыхлить грунт взрывами и машинами в условиях сложного городского подземного хозяйства приходится прибегать к его оттаиванию.

Существует большое количество способов отопления грунта в зависимости от источника теплоты (электроэнергии, пара, газа, мазута, кокса, горячих шлаков и пр.) и принципа действия. Наиболее распространенным является электроотопление грунта, организуемое подключением участка грунта с помощью электродов в электрическую цепь. Это весьма затруднительно и весьма чувствительно к однородности и влажности грунта. Помимо этого, возникающее шаговое напряжение – дополнительный отрицательный фактор при выборе оптимального метода.

Существующие методы отогрева либо весьма продолжительны по времени, либо попросту неприемлемы, если возникает вопрос раскопки инженерных коммуникаций (водопроводные, канализационные, газовые и электрические сети), а также разнородной структуры и посторонних включений неопределенных размеров. В связи с этим возникает проблема выбора наиболее эффективного и технически безопасного метода отогрева мерзлого грунта.

За последние десятилетия опубликован ряд монографий и научно-исследовательских работ, связанных с отдельными вопросами теплофизики и механики мерзлых грунтов. Так, хорошо известны монографии, внесшие известный вклад в становление и развитие механики мерзлых грунтов как науки – «Основания механики мерзлых грунтов» (Н.А. Цытович, М.И. Сумгин), «Принципы механики мерзлых грунтов» (Н.А. Цытович), «Основы механики промерзающих, мерзлых и оттаивающих грунтов» (Н.А. Цытович) и др.

В настоящее время ведутся исследования теплофизики мерзлых грунтов по направлениям геоэкологии – это тематические и специальные исследования грунтов в работах Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева; исследования мерзлых грунтов при строительстве и эксплуатации нефте- и газопроводов в северных районах России; в работах Ф.М. Ривкина, Н.В. Ивановой, И.Л. Кузнецовой по созданию ГИС-технологий и инженерно-геокриологическому картированию.

Наиболее значимыми работами в области исследования мерзлых грунтов, применимых для разработки устройства, являются [1, 2], в которых приведены их основные теплофизические свойства.

Проведенный патентный поиск и Интернет-обзор показал слабую разработанность данного вопроса в плане создания энергоэффективной установки, позволяющей быстро и своевременно ликвидировать аварии, происходящие под замерзшим слоем грунта. На рис.1 приведены результаты сравнительного анализа современного уровня технических средств для осуществления процесса искусственного прогрева мерзлого грунта.

По результатам проведенного анализа можно говорить о том, что наиболее энергоэффективными техническими средствами по оттаиванию мерзлого грунта, работающими с наименьшими затратами и временным интервалом, являются радиационно-конвективные устройства-обогреватели поверхностного типа оттаивания.

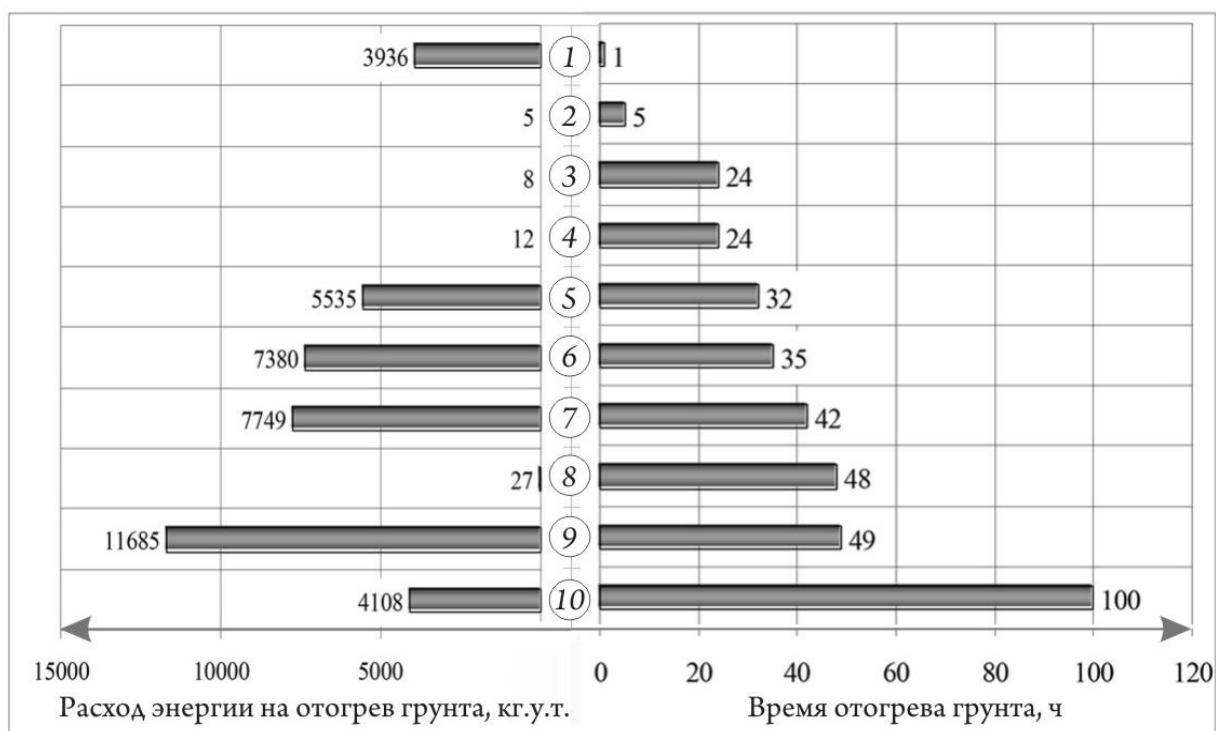


Рис. 1. Сравнительная диаграмма основных показателей различных методов искусственного оттаивания для 1 м^3 грунта

1 – токи высокой частоты; 2 – горелки инфракрасного излучения; 3 – факельные газовые горелки под коробом; 4 – костры под металлическим коробом; 5 – электроотражательные печи; 6 – горизонтальные струйные электроды; 7 – электротепляки; 8 – поверхностные паровые регистры; 9 – вертикальные поверхностные электроды; 10 – электронагревательные щиты

Маркетинговое исследование рынка города Вологды выявило четыре основные группы потенциальных покупателей, распределение которых показано на рис.2. Определены следующие организации: теплоснабжающие (39%), водоснабжающие (31%), газоснабжающие (15%) и электроснабжающие (15%), среди которых можно выделить «Вологдаоблкоммунэнерго», МУП «Водоканал», МУП «Вологдагортеплосеть». Всего выявлено около 30 потребителей.

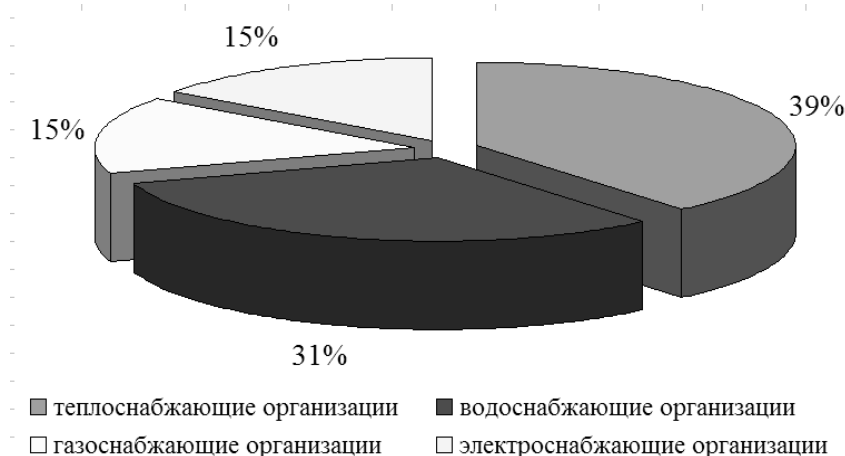


Рис. 2. Распределение рынка потенциальных покупателей.

Предварительные экономические расчеты показали, экономическую эффективность при внедрении подобных устройств в производство ввиду их мобильности, энергоемкости и высокой производительности.

Для превращения идеи в конечный проект и выход его на рынок требуется срок - 2 года. В течение этого периода идея будет доведена до опытного образца; результатом двухлетней работы станет разработка конструкторской документации для создания установки для оттаивания мерзлых грунтов.

План реализации проекта включает в себя несколько этапов, рассчитанных на 2 года:

1 год	выбор и обоснование принятого направления исследований и способов решения поставленных задач
	анализ эффективности применения радиационно-конвективного метода для оттаивания мерзлых грунтов
	разработка бизнес-плана
2 год	разработка концепции создания новой радиационно-конвективной установки для оттаивания мерзлых грунтов
	разработка методики экспериментальных исследований, подготовка моделей и испытательного оборудования
	создание экспериментальной установки по оттаиванию мерзлых грунтов и экспериментальные исследования процессов прогрева мерзлых грунтов
	обработка полученных данных; сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями; обобщение результатов предыдущих этапов работ
	разработка конструкторской документации для создания установки по оттаиванию мерзлых грунтов

В процессе реализации инновационного проекта осуществляется операционная, инвестиционная и финансовая деятельность. Все виды деятельности связаны с типовыми рисками любого инвестиционного проекта. Анализ возможных рисков показал, что предлагаемый проект является устойчивым ко всякого рода рисковым ситуациям.

Литература

- 1 Долматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б.И. Долматов. – Л.: Стройиздат, 1988. – 415 с.
- 2 Кузнецов, И.К. Строительство промышленных сооружений в условиях вечномёрзлых грунтов / И.К. Кузнецов, Г.С. Филиппов. – М.: Стройиздат, 1964. – 211 с.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА МАЛОЗАГЛУБЛЕННОГО ФУНДАМЕНТА

М.Н. Харичев

*Научный руководитель В.А. Шорин, д-р хим. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Существующий метод проектирования малозаглубленных фундаментов был разработан в институте НИИОСП под руководством д.т.н. В.О. Орлова и издан в виде рекомендаций в 1985 г. Учитывая довольно долгий период существования этих рекомендаций, практика показывает, что реализация рекомендуемой методики расчета малозаглубленных фундаментов встречает определенные затруднения. Получаем довольно условный расчет определения степени морозного пучения грунта приближенным методом. Методика основывается на расчете предзимней влажности по материалам Гидрометслужбы, что достаточно трудоемко и не всегда отвечает максимальным условиям пучения. Отсутствие расчетной схемы также затрудняет и ограничивает проектирование.

Мы считаем, что устранение указанных выше минусов является важной работой для облегчения и уточнения проектирования.

Довольно долго работая над этой проблемой, мы значительно продвинулись в этом направлении. Ниже приведен пример расчета одного из наиболее распространенных и опасных случаев действия сил морозного пучения. В качестве примера принято одноэтажное существующее здание на малозаглубленном фундаменте (размер ленты фундамента 40х40 см), 10х20 метров. Здание разделено на два равных помещения 10х10 метров внутренней стеной.

Нами рассматривается случай расчета в зимний период, при мерзлом грунте с постоянным коэффициентом жесткости по всей площади здания. Нагрузка от сил пучения распространяется по площади фундамента двумя различными схемами загрузки. Первый вариант-нагрузка от сил морозного пучения расходится от середины торцевой стены конструкции. Второй вариант рассмотренного нами варианта показывает распространение нагрузки сил морозного пучения от угла здания и по нарастанию в обе стороны.

Целью и результатом данного расчета является определение наиболее неблагоприятной схемы воздействия сил морозного пучения под зда-

нием, вызывающих максимальный момент, необходимый для дальнейшего проектирования-армирования самого фундамента.

Литература

1. Рекомендации по проектированию и расчету малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах / НИИОСП. – М., 1985. – 59 с.
2. Шорин В.А. Эффективная технология проектирования малозаглубленных фундаментов / В.А. Шорин, Г.Л. Каган, М.Н. Харичев // Материалы всероссийской научной конференции студентов и аспирантов. «Молодые исследователи-регионам» в 2 т. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – Т. 1. – С. 213-215.
3. Шорин В.А. Направление по усовершенствованию методики расчета малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах / В.А. Шорин, Г.Л. Каган, М.Н. Харичев // Вузовская наука – региону материалы 7-й всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т. 1. – С. 237-240.
4. Шорин В.А. Разработка метода проектирования малозаглубленных фундаментов с использованием ЭВМ / В.А. Шорин, Г.Л. Каган, М.Н. Харичев // Молодые исследователи – регионам: материалы всероссийской научной конференции студентов и аспирантов. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т. 1. – С. 313.

Секция «ЭКОЛОГИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ Р. ВОЛОГДЫ В ОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С.А. Бакина

Научный руководитель М.М. Медиоланская, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Вода благодаря большой теплоемкости нашла широкое применение в промышленности. В отдельных отраслях около 90-95 % всего производственного водопотребления идет на нужды охлаждения. Охлаждение обеспечивает сохранение прочности агрегатов, нормальные условия работы механизмов, увеличивает срок их службы, обеспечивает требуемый технологический температурный режим.оборотные системы открывают большие возможности в удешевлении системы водоснабжения, сокращении потребления свежей воды и сбросов загрязненных стоков. Чаще всего охлаждение воды происходит при непосредственном контакте воды и охлаждающего воздуха, в результате чего часть воды теряется на испарение и капельный унос с воздухом. При этом происходит концентрирование солей в воде оборотной системы и ее загрязнение примесями воздуха. Потери воды в охладителях составляют 1,5-2,0 % от расхода оборотной системы и в абсолютных цифрах достигают больших размеров. В результате испарения части воды, в охладителях повышается концентрация минеральных солей, растворенных в циркулирующей воде оборотной системы. При повышении их концентрации, особенно солей жесткости, до определенных величин на теплообменных аппаратах начнут образовываться карбонатные отложения, которые снижают коэффициент теплопередачи и соответственно количество отводимого тепла. Для предотвращения образования отложений в воде оборотной системы поддерживают концентрацию солей на требуемом уровне путем сброса части воды с солями (продувка), восполняя эту потерю подпиточной водой с малым содержанием солей. Содержание солей в циркулирующей воде оборотной системы стабилизируется, если количество солей, удаляемых из системы при продувке и в результате капельного уноса из охладителей, будет равно количеству солей, приносимых с подпиточной водой.

Требования к качеству воды в оборотных системах производственного водоснабжения в целом сводятся к следующему: вода не должна

оказывать отрицательного воздействия на качество получаемого продукта, вызывать образование солевых отложений, биологических обрастаний и коррозии аппаратуры, трубопроводов и сооружений. Для обеспечения этих требований осуществляется разнообразная обработка оборотной и подпиточной воды.

В данной статье проведена оценка возможности использования воды реки Вологды для систем охлаждения на промышленных предприятиях города и области. Основным критерием возможности применения воды в охлаждающих системах является индекс насыщения воды карбонатом кальция (индекс стабильности, индекс Ланжелье). Этот показатель характеризует стабильность воды, то есть ее коррозионную активность по отношению к трубам, резервуарам и теплообменным аппаратам, или, наоборот, склонность к образованию на них карбонатных отложений. Индекс стабильности зависит от водородного показателя pH, общего содержания, общей щелочности, жесткости, температуры и химического состава воды. Его рассчитывают из этих величин, используя специальные таблицы или номограммы [1]. Вода считается стабильной, если индекс стабильности близок к нулю (от 0 до $\pm 0,3$). При положительном индексе стабильности для предупреждения зарастания труб карбонатом кальция воду следует обрабатывать кислотой (серной или соляной), гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия. При отрицательном индексе насыщения воды карбонатом кальция для получения стабильной воды следует предусматривать ее обработку щелочными реагентами (известью, содой или этими реагентами совместно), а также гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия [1].

Река Вологда - один из наиболее крупных притоков реки Сухоны; её длина 155 км, площадь водосбора 3030 кв. км, глубина реки в межень 3-5 м. Уклоны водной поверхности в межень небольшие (0,04%) и течение едва ощутимо. Водный режим реки Вологды типичен для равнинных рек таёжной зоны севера: высокое половодье, низкая и обычно устойчивая межень, почти полугодовой период очень маловодной зимней межени. С началом дружного снеготаяния уровни воды в апреле резко, в течение 5-10 дней, поднимаются на 4-6 м, вскрытие реки происходит в среднем в середине апреля, пойма затопляется. Дождевые паводки бывают не ежегодно и обычно не поднимают уровни воды выше 1 м, но иногда такие подъёмы могут достигать и 2 м. Замерзает река в среднем 10 ноября. Толщина льда составляет 50-55 см.

Основные показатели качества воды в реке приведены в таблице 1.

Таблица 1

Качество воды реки Вологодды за 2008 год

Показатель	Щелоч - ность	Железо об- щее	pH	Окисляе- мость пер- манганат- ная	Общая ми- нера- лизация	Жесткость	Взвешен- ные вещества	Мутность	Цветность
ед.измер.	ммоль/л	мг/л	ед.pH	мг O ₂ /л	мг/л	° Ж	мг/л	ЕМФ	град
ПДК		0,3(3,0)	6,5-8,5	15	1000		+0,25 к фону	2600	120
январь	4,63	0,72	7,47	10,21	384,00	5,47	6,60	3,19	48
февраль	5,65	0,30	7,43	5,43	501,00	7,00	5,10	2,33	23,63
март	4,79	0,56	7,48	6,13	491,00	6,17	4,60	2,97	32
апрель	1,83	0,30	7,31	14,13	184,20	2,38	5,80	14,79	67,58
май	2,83	0,12	7,81	13,97	252,50	3,34	4,60	3,40	62,60
июнь	4,01	0,22	8,21	10,67	322,00	5,31	2,90	1,94	35,35
июль	2,81	0,35	7,63	18,18	267,00	3,34	10,40	4,73	85,77
август	3,44	0,78	7,79	21,72	253,00	4,11	7,00	2,70	80,05
сентябрь	4,47	0,36	8,06	13,11	394,00	5,23	3,20	1,32	49,45
октябрь	2,96	0,79	7,73	19,83	266,40	3,51	4,40	5,95	88
ноябрь	3,27	0,71	7,87	16,00	280,25	3,82	4,80	5,25	70
декабрь	2,68	0,81	7,71	15,45	238,00	3,23	4,30	7,50	74

Цветность воды в реке в течение года меняется в широких пределах (от 23,6 до 88) и в среднем составляет 60 град. ПКШ. Минимальное значение достигается в феврале-марте (начало зимней межени), а максимальное – в октябре. Использование воды со значительной цветностью на тех предприятиях, где происходит непосредственное соприкосновение воды с фабрикатами в процессе их изготовления (например, в текстильной промышленности), может вызвать ухудшение качества продукции.

Среднее значение мутности в течение года равно 4 ЕМФ, максимум наблюдается в апреле - 14,79 ЕМФ, минимум в октябре - 1,32 ЕМФ.

Изменение цветности и мутности в течение года представлено на рис. 1.

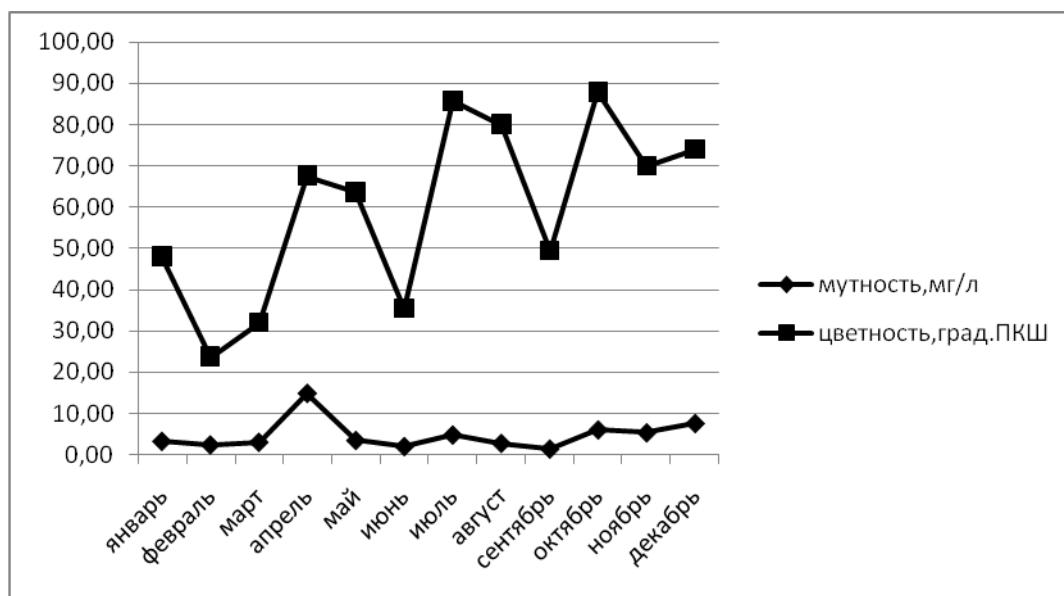


Рис. 1. Изменение цветности и мутности воды р. Вологды в течение 2008 года

Содержание взвешенных веществ в воде колеблется от 10,4 до 2,9 мг/л, среднегодовые значения составляют 5мг/л. Многие производственные потребители могут использовать воду с содержанием взвешенных веществ более высоким, по сравнению с допусаемым для питьевой воды. Однако для ряда производственных потребителей использование мутной воды нежелательно.

Амплитуда изменения жесткости в р. Вологде от 2 до 7мг-экв/л, среднее значение равно 4 мг-экв/л. Жесткость является основным показателем, влияющим на возможность использования воды в системе оборотного охлаждения. Использование жесткой воды для производственных целей и в системах оборотного охлаждения, как правило, не допускается, так как связано с рядом нежелательных последствий и в первую очередь зарастанием труб и теплообменных аппаратов карбонатными отложениями.

Среднее значение общей минерализации равно 319 мг/л, максимальное – 501 мг/л достигается в феврале, что объясняется низким уровнем воды в реке; минимальное значение 184,2 мг/л наблюдается в апреле в период половодья. По общей минерализации вода р. Вологды подходит для использования в качестве охлаждающей, т.к. все концентрации находятся в пределах допустимых значений (ПДК = 1000 мг/л).

Содержание железа колеблется от 0,3 до 0,81 мг/л. Для питьевого водоснабжения содержание железа должно быть не более 0,3 мг/л, но для производственного водоснабжения (текстильная, целлюлозно-бумажная промышленность и т.п.) этот критерий может иметь более жесткие нормативы, поскольку влияет на качество (окраску) выпускаемой продукции.

Результаты расчета индекса стабильности воды р. Вологды и анализ динамики его сезонного изменения за 2008 год на два случая: с применением частичной водоподготовки (коагуляции) и без предварительной обработки (сырая вода р. Вологда) – получены с использованием разработанной на кафедре водоснабжения и водоотведения Вологодского государственного технического университета программы AQUA Balance (версия 1.6), реализующей основные нормативные положения приложений 5 и 12 [1]. Динамика изменения индекса стабильности речной воды графически представлена на рис 2.

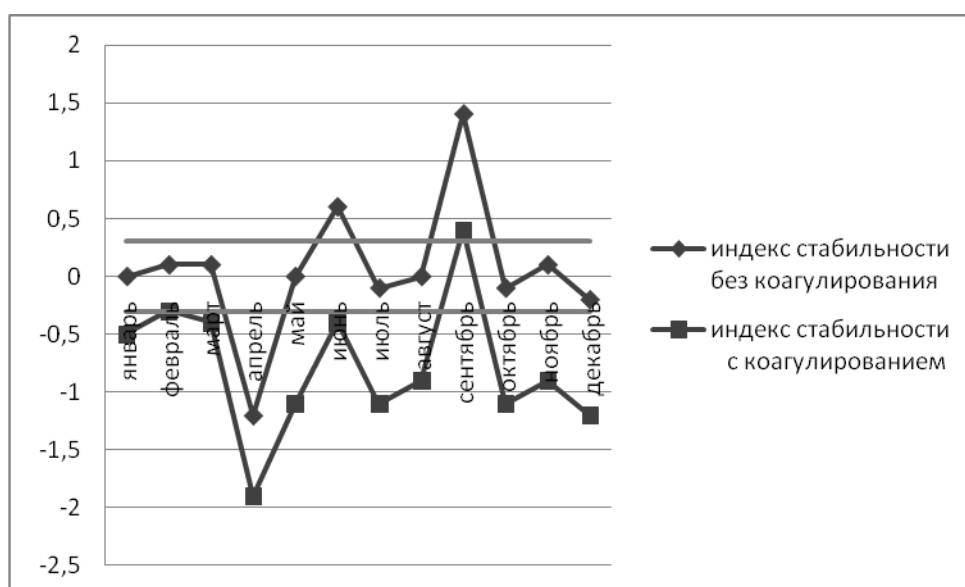


Рис. 2. Изменение индекса стабильности воды р.Вологда в течение 2008 года

Анализ проведенных расчетов (рис. 2, табл. 2) позволяет сделать вывод, что свойства воды в течение года меняются в широких пределах: исходная вода реки Вологды является относительно стабильной только в период с середины сентября до начала марта.

Таблица 2

Оценка стабильности воды р. Вологды по максимальным, минимальным и среднегодовым показателям качества воды

Показатели качества воды	минимальные значения					максимальные значения					среднегодовые значения				
	коагулянт*			без коагулянта		коагулянт*			без коагулянта		коагулянт*			без коагулянта	
	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2
Доза коагулянта, мг/л	25			0		46,65			0		31,24			0	
Индекс стабильности воды	-3	-3,1	-2,9	-2		-0,3	-0,3	-0,2	1,1		-1	-1,1	-1	-0,2	
pH в условиях насыщения воды карбонатом кальция	9,4	9,4	9,3	9,1		7,4	7,4	7,4	7,3		8	8	8	7	
Способ стабилизационной обработки воды	подщелачивание					не требуется (или подщелачивание с минимальными дозами)			подкисление		подщелачивание			не требуется	
Реагент	известь					10,5			52,9		21,0				
Доза реагента, мг/л	20,1	20,5	18,6	6,7		38,4	40,4	33,0	2,4		31,4	32,8	27,8	1,8	
Содержание углекислоты в добавочной воде, мг/л	27,4	28,5	24,5	8,1										7,3	
Потери воды на пропуск оборотной системы для предотвращения отложений, % сульфатных	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
карбонатных	0,38	0,38	0,38	0,38		2,05	2,05	2,05	2,05		0,87	0,87	0,87	0,87	

Примечание: коагулянт* 1- $Al_2(SO_4)_3$; 2- $FeCl_3$; 3 - Fe_2SO_4 .

Примерно с 5 марта и до конца апреля вода обладает выраженными агрессивными свойствами и может вызывать коррозию трубопроводов. С начала августа и до середины сентября вода способствует зарастанию сетей, в этот период года предварительная обработка добавочной воды коагулянтами способствует ее стабилизации. В остальные периоды года коагулирование добавочной воды целесообразным не является и приводит к существенному увеличению доз реагентов для дальнейшей стабилизационной обработки воды, а также увеличивает нагрузку на сооружения по удалению из нее углекислоты.

1. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02.-84. Госстрой СССР.-М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986. -134 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТ-СИСТЕМ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К.В. Беспоместных, Е.В. Короткая

*Научный руководитель А.Ю. Просеков, д-р техн. наук, профессор
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
г. Кемерово*

В современных условиях насыщения рынка отечественными и зарубежными продуктами, содержащими широкий спектр пробиотических штаммов разных родов и видов, назрела необходимость дополнения существующих схем контроля этапов видовой идентификации штаммов-продуцентов пробиотических продуктов для подтверждения наличия всех заложенных в технологическую документацию штаммов в заявленном количестве [1].

Разнообразие штаммов внутри видов обусловлено процессом естественной изменчивости и может быть результатом **мутации, конъюгации, трансформации** и межклеточной и/или **плазмидной трансдукции**. Все более важным становится целенаправленное генетическое воздействие на культуры. Таким образом, в настоящее время для изменения свойств различных микроорганизмов с целью создания их генетически модифицированных вариантов могут использоваться генная инженерия или технология **рекомбинантных ДНК**.

Для исключения потенциальных конфликтов с потребителями используемые в изготовлении пищевых продуктов бактерии должны под-

вергаться только тем генетическим изменениям, которые разрешены в пищевой промышленности. Это означает, что генномодифицированные организмы (ГМО) должны содержать только ДНК того же рода и, возможно, небольшие отрезки встроенной ДНК.

Однако в молочной промышленности увеличивается стремление получить разрешение на обмен ДНК с любым родом микроорганизмов, связанным с ферментацией пищи, при условии, что бактерия-донор признана абсолютно безопасной.

Насколько далеко и какими темпами будет продвигаться конструирование ГМО, покажет будущее, однако кажется вероятным, что идентификация вида в заквасках станет более сложной, поскольку границы между ними в результате генетического воздействия стираются; будущие поколения изготовителей пробиотических продуктов смогут заказывать закваски с четко определенными характеристиками [2].

Идентификация микроорганизмов, входящих в состав заквасочных культур, которая проводится в микробиологических лабораториях, основывается почти исключительно на классических или традиционных тестах по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам [3]. В отдельных случаях этого бывает достаточно для выдачи предварительного ответа о виде обнаруженного микроорганизма, но чаще всего изучение указанных признаков позволяет лишь наметить путь дальнейших исследований, которые уже выполняются с чистой культурой [4]. Следует отметить, что как набор признаков, так и способы изучения их варьируют в различных лабораториях, что значительно осложняет работу по диагностированию этих микроорганизмов, существенным условием совершенствования которого является стандартизация методов исследования свойств бактерий.

Используемые для изучения признаков бактерий основные среды должны быть адекватны в отношении необходимых источников питания. Часто в работах по диагностике видов молочнокислых бактерий имеются разногласия, которые обуславливаются тем, что отдельные исследователи применяют среды, неполноценные по своему составу. Работа по идентификации молочнокислых бактерий в значительной мере упростилась, если бы в различных лабораториях пользовались стандартными веществами [5].

Исследование большой коллекции штаммов, выделенных из кисломолочных продуктов и использующихся при изготовлении заквасок, показало, что бактерии видов *Streptococcus thermophilus* и *Enterococcus durans*, *E. faecium*, *E. faecalis* трудноотличимы при идентификации именно микробиологическими методами из-за схожих фенотипических харак-

теристик. Нередки случаи обнаружения штаммов, обладающих свойствами, общими с энтерококками и стрептококками, что сильно затрудняет их идентификацию с использованием только фенотипических методов. То же можно отнести и к другим представителям молочнокислых бактерий. Например, учеными было обнаружено несоответствие данных, полученных методом молекулярно-генетического типирования при анализе последовательностей генов 16S рРНК и классических микробиологических характеристик при установлении видовой принадлежности мезофильных бактерий *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* и *L. lactis* ssp. *cremoris*. Анализ микрофлоры кисломолочных продуктов домашнего изготовления выявил штаммы лактококков, способных к росту и ферментации молока при 45-47°C, тогда как оптимальная температура роста для типовых представителей этих видов составляет 22-32°C.

При идентификации лактобацилл только с использованием стандартных микробиологических тестов также могут возникнуть трудности. Например, идентификация близкородственных *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *L. delbrueckii* ssp. *delbrueckii*, *L. delbrueckii* ssp. *lactis*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. paracasei* на основании физиолого-биохимических свойств затруднительна вследствие общности их свойств [3].

Метод микроскопического исследования имеет преимущества и недостатки. Преимущества – простота; прямое выявление микроорганизмов; возможность разграничения микроорганизмов по морфологическим признакам. Недостатки – трудоемкость, длительность; низкая чувствительность; невозможность разграничения сходных микроорганизмов; необходимость высокой квалификации [6].

Для более точного определения видовой принадлежности требуются современные методы, основанные на полимеразной цепной реакции и секвенировании последовательности ДНК-генов.

В специализированных лабораториях, занимающихся выделением, изучением культур молочнокислых бактерий и отбором наиболее перспективных в производстве кисломолочных продуктов общего и функционального назначения, используются различные **молекулярно-генетические методы**, позволяющие устанавливать точную видовую принадлежность штаммов, а также типировать и паспортизировать производственные культуры.

Новый подход исследования упрощает проведение классических фенотипических анализов молочнокислых бактерий за счет применения коммерческих тест-систем, состоящих из большого набора дегидрированных реагентов, внесенных в стерильные планшеты. Добавление суспензии бактериальных культур позволяет быстро определять наличие ре-

акции (рост, ферментативную реакцию и т.д.). Вместе с тем, более точная идентификация микроорганизмов, входящих в состав заквасок для молочнокислых продуктов, может быть достигнута в результате комплексных исследований, включающих наряду с фенотипическими анализами изучение геномных характеристик [3].

Существуют два основных типа таких тест-систем. Наиболее широкое распространение получили индивидуальные системы, рассчитанные на идентификацию одной культуры. Второй тип системы идентификации основан на использовании многорядных планшетов, в которых каждый ряд лунок позволяет идентифицировать одну культуру. Как правило, используются стандартные 96-луночные полистироловые планшеты. Для небольших и средних лабораторий более удобны индивидуальные тест-системы.

Идентификация выделенной культуры состоит из следующих этапов: приготовление суспензии и инокуляции лунок; инкубация; учет результатов тестов; интерпретация результатов.

Для приготовления суспензии, как правило, используется стерильный изотонический раствор, однако в некоторых случаях необходимо использовать специальные буферы или инокуляционные среды, входящие в состав набора.

В зависимости от конструктивных особенностей диагностического набора для инокуляции могут быть использованы градуированные пипетки, микродозаторы, пастеровские пипетки. В некоторых тест-системах инокуляция осуществляется методом погружения при помощи специального инокулирующего стержня.

Инкубация тест-систем проводится в обычных термостатах или в специальных термостатируемых устройствах, входящих в комплект некоторых автоматизированных систем идентификации. Температура и время инкубации, указанные в инструкции фирмы-изготовителя должны выдерживаться максимально точно. Несоблюдение этих параметров является одной из наиболее частых причин неправильной идентификации культуры.

Учет результатов осуществляют либо визуально, либо при помощи специальных считывающих устройств – «ридеров». Их использование позволяет избежать субъективизма при оценке реакции и в конечном счете повышает достоверность идентификации. После учета всех тестов производится кодирование результатов. В простейшем случае каждый положительный признак обозначают знаком «+», а отрицательный – знаком «-». Такое кодирование без использования компьютера делает заключительный этап идентификации весьма продолжительным и трудоемким.

Как правило, фирмы, выпускающие системы для биохимической идентификации микроорганизмов, разрабатывают и специальное программное обеспечение для компьютерной обработки результатов. Основу таких программ составляет база данных, содержащая частотную матрицу признаков для идентифицируемых микроорганизмов. «Фирменные» программы могут использоваться только с той тест-системой, для которой они разработаны. В то же время существуют различные программы-оболочки, позволяющие пользователю самостоятельно вносить частотные характеристики признаков [4].

При работе с микроорганизмами исследователи применяют методы, основанные на анализе нуклеиновых кислот: ДНК-гибридизации, методы полимеразной цепной реакции (ПЦР), включая ПЦР в реальном времени. Быстрые в исполнении методики на основе ПЦР являются альтернативой классическим микробиологическим методам и предпочтительны в случае необходимости немедленного получения результата. Метод позволяет решать задачи индикации бактерий, относящихся к указанному роду, и точной видовой идентификации [1].

В микробиологии методы ДНК-гибридизации имеют наибольшее значение для идентификации микроорганизмов с помощью генных зондов, позволяющих судить о присутствии или отсутствии определенных генов.

Поскольку геном каждого микроорганизма содержит уникальные видоспецифичные нуклеотидные последовательности, подобрав к ним соответствующие зонды, можно идентифицировать любой вид микроорганизма. Зонды должны быть специфичны в отношении генетического материала тех микроорганизмов, которые предполагается обнаружить.

В основе ДНК-методов лежат гибридизация участка генома с комплементарным к определяемой последовательности меченым олигонуклеотидным зондом и последующая детекция гибридизационного комплекса. В зависимости от типа метки зонда (производные флюорохромов) реализуются различные способы детекции результатов гибридизации (прямое измерение флюоресценции или хемолюминесценции). Важными преимуществами методов гибридизации являются: объективная оценка анализа; минимальное количество манипуляций в пределах каждого этапа анализа; возможность автоматизации.

В основе метода ПЦР лежит комплементарное достраивание ДНК-матрицы, осуществляемое *in vitro* с помощью фермента ДНК-зависимой ДНК-полимеразы. При многократном повторении циклов синтеза происходит экспоненциальное увеличение числа копий специфического фрагмента ДНК, что позволяет из небольшого количества анализируемого

материала получить достаточное количество копий ДНК-фрагментов для идентификации их электрофорезом или иным способом.

Сегодня наиболее известный способ решения проблемы количественного определения ампликонов (прим. Ампликон – продукт ПЦР-копия участка искомой ДНК или РНК) в ходе проводимой реакции – Real-time ПЦР. Речь идет о регистрации накопления продуктов реакции в реальном времени и построении калибровочных кривых по результатам процессов, происходящих в каждой конкретной пробе. При этом используется технология, в основе которой лежат способность Taq-полимеразы гидролизовать последовательность ДНК в направлении 5'-3' и применение специальных зондов, модифицированных двумя флюоресцентными красителями, имеющими близкие поглощения и флюоресценции. Анализ кинетики флюоресценции происходит в специальном амплификаторе. Это устройство позволяет рассчитывать количество исходной матрицы, используемой в реакции амплификации [7].

Изучение штаммов молочнокислых бактерий с использованием комплексного подхода к идентификации и оценке производственных свойств (включающее как классические микробиологические, так и современные молекулярно-генетические и аналитические методы) дает возможность выявить культуры штаммов, перспективные для использования в качестве заквасок и отвечающие требованиям международных стандартов, российских ГОСТов и российских производителей кисломолочной продукции [3].

Проблема разработки методов молекулярно-генетического анализа весьма актуальна и важна для лабораторий, занимающихся поиском и идентификацией новых штаммов молочнокислых бактерий с целью применения их как заквасок для производства кисломолочных продуктов и пробиотиков.

Возможность использования молекулярно-генетических, иммунологических, биохимических и бактериологических методов в молочной промышленности обеспечит выбор оптимальных решений для изучения молочнокислых бактерий и повышения эффективности исследований.

Литература

1. Точилина, А.Г. Индикация и идентификация бактерий рода *Lactobacillus* с использованием полимеразной цепной реакции [Текст] / А.Г. Точилина // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2008. - № 3. – С. 69-73.

2. Тамим, А.Й. Йогурт и другие кисломолочные продукты [Текст] / А.Й. Тамим, Р.К. Робинсон. Перевод с англ. Под научн. ред. д-ра техн. наук, проф. Л.А. Забодаловой. – СПб.: Профессия, 2003. – 661 с.
3. Ботина, С.Г. Видовая идентификация и паспортизация молочно-кислых бактерий методами молекулярно-генетического типирования [Текст] / С.Г. Ботина // Молочная промышленность. – 2008. - № 3. – С. 52-54.
4. http://www.microbiology.ru/cmac/2000_2_3/082.htm
5. Квасников, Е.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования [Текст] / Е.И. Квасников, О.А. Нестеренко. – М.: Наука, 1975. – 389 с.
6. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение [Текст] / Б. Глик, Дж. Пастернак. Перевод с англ. – М.: Мир, 2002. – 589 с.
7. Ефимочкина, Н.Р. Молекулярно-генетические методы в идентификации пищевых патогенных бактерий [Текст] / Н.Р. Ефимочкина // Вопросы питания. – 2007. – Том 76, № 2. – С. 4-15.

СОЗДАНИЕ ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ КОАГУЛЯЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.В. Виноградова, Н.Г. Жаравина

*Научный руководитель С.М. Чудновский, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Вода является одним из важнейших элементов в жизни человека. Здоровье людей напрямую зависит от качества воды, поэтому важно, чтобы она соответствовала нормам ГОСТ и СанПиН. Проблемы подготовки качественной питьевой воды в г. Вологде в настоящее время являются одними из наиболее важных и актуальных. Чтобы не создавать угрозу жизни и здоровью населения, а также угрозу возникновения и распространения заболеваний, показатели качества питьевой воды должны соответствовать действующим нормативным документам, а ее подготовка на водоочистных сооружениях должна быть надежной. К сожалению, несмотря на интенсивное развитие науки и техники, в настоящее время существует большое количество проблем, связанных именно с ненадежным, длительным и неточным контролем качества природных и сточных вод.

Подготовка питьевой воды на очистных сооружениях Вологды недостаточно надежная, и это сказывается на ее качестве. В очищенной

воде содержится большое количество остаточного алюминия, хлора и других элементов, представляющих угрозу здоровью людей.

Основными задачами при эксплуатации водоочистных сооружений систем водоснабжения являются:

1. Производство питьевой воды, удовлетворяющей требованиям стандарта «Вода питьевая», обеспечение надежности осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды;

2. Обеспечение эффективной, бесперебойной и надежной работы очистных сооружений, снижение себестоимости очистки и обеззараживания воды, экономия реагентов, электроэнергии и расходования воды на собственные нужды;

3. Систематический производственный и технологический контроль работы очистных сооружений и качества производства воды.

В процессе эксплуатации очистных сооружений необходимо постоянно анализировать результаты производственного контроля для обеспечения наиболее высоких в технико-экономическом отношении показателей работы сооружений, совершенствования технологических процессов, уточнения доз применяемых реагентов, способов, продолжительности их смешения и интервалов введения в обрабатываемую воду, скоростей движения и фильтрования воды и т.д.

В настоящее время в населенных пунктах Вологодской области применяются три схемы водоподготовки:

1. Схема с камерами хлопьеобразования и отстойниками (используется в Вологде, Соколе и др.);

2. Схема, содержащая осветлители со взвешенным осадком (используется в Вологде, Грязовце и др.);

3. Схема с контактными осветлителями (Череповец, пос. Надеево и др.)

Из них только третья подходит для маломутных и высокоцветных вод Вологодской области. Первые две схемы предназначены для очистки высокомутных вод в условиях теплого и жаркого климата и не подходят для условий нашей области.

Другой проблемой является то, что отсутствует автоматический контроль над процессом очистки воды. Применяются только лабораторные методы анализа, которые не дают объективную оценку качества воды и требуют больших затрат времени.

Эта проблема может быть устранена при использовании измерений электрокинетических и седиментационных показателей. Измерения могут производиться с помощью автоматических приборов, разработанных в Вологодском государственном техническом университете: дзета-метры

– для измерения дзета-потенциала, седиментометры – для получения данных о гранулометрическом составе взвеси.

Основной проблемой, связанной с подготовкой питьевой воды в Вологде, является обесцвечивание. Основным технологическим процессом, обеспечивающим осветление и обесцвечивание природной воды, является процесс коагуляции.

Коагуляция – это сложный физико-химический процесс, который заключается в равномерном распределении по всему объему обрабатываемой воды раствора коагулянта и последующем образовании в воде относительно крупных агрегатов (хлопьев), которые при определенных размерах и плотности способны к осаждению или задержанию в порах фильтрующей загрузки. Эти процессы в настоящее время плохо поддаются контролю, а поэтому практически неуправляемы.

Эффективность процесса коагуляции зависит от множества факторов, основными из которых являются:

1. Правильный выбор вида коагулянта и вспомогательных реагентов.
2. Правильный выбор дозы коагулянта.
3. Оперативное управление ходом процесса коагуляции во всех сооружениях.
4. Надежный и непрерывный контроль процесса коагуляции.

В Вологодской области в настоящее время применяют алюминий содержащие коагулянты, которые обладают токсическими свойствами. В результате этого в питьевой воде содержится остаточный алюминий, который, накапливаясь в организме человека, может стать причиной раковых заболеваний.

Дозы коагулянтов и вспомогательных реагентов обычно определяют экспериментально в лабораторных условиях, путем визуального наблюдения за ходом процессов образования хлопьев. При этом измерения количества, размеров и формы хлопьев не производятся. Во многих случаях полученные таким образом дозы не соответствуют реальным условиям, так как анализ производится в стоячей воде. Все эти методы являются неточными, так как не учитываются реальные условия процессов осветления и обесцвечивания воды непосредственно в сооружениях. Все это приводит к тому, что процесс хлопьеобразования идет неэффективно. При малых дозах коагулянта хлопья образуются медленно, а при больших дозах образуются очень большие хлопья, которые оседают в камерах хлопьеобразования, что недопустимо.

Основным показателем, характеризующим устойчивость взвеси в воде, является дзета-потенциал. Чем больше величина дзета-потенциала, тем большей устойчивостью обладают частицы взвеси, следовательно,

тем меньше вероятность образования хлопьев нужных размеров и поэтому тем меньше эффект осветления и обесцвечивания воды. Таким образом, выбор дозы коагулянта должен осуществляться на основании контроля величины дзета-потенциала или пропорциональной ему величины – электрофоретической подвижности твердых частиц в воде.

Величина дзета-потенциала в поверхностных водах Вологодской области находится в пределах $-70 \div -35$ мВ.

Существуют два понятия: верхний и нижний порог коагуляции. Верхний порог коагуляции равен примерно -30 мВ, нижний порог составляет от -16 до -19 мВ в зависимости от местных условий.

Когда дзета-потенциал больше верхнего порога коагуляции, для обеспечения эффективного хлопьеобразования применяют коагулянты. При введении в воду коагулянтов величина дзета-потенциала понижается. Поэтому между величиной дзета-потенциала и дозой коагулянта существует прямая зависимость.

Основной задачей седиментационного экспресс-анализа взвеси в воде является определение количества твердых частиц и получение данных об их распределении в воде по размерам и фракциям. Наиболее удобной формой использования такого анализа для решения вопросов, связанных с управлением процессами коагуляции, является измерение гидравлической крупности частиц взвеси и «слежение» в режиме on-line за ходом укрупнения частиц и, следовательно, за ходом процесса коагуляции. В лабораторных условиях наиболее точно электрофоретическую подвижность измеряют методом микроэлектрофореза, он является точным, но трудоемким. Для упрощенных измерений, не требующих высокой точности, рекомендуется использовать амперометрический метод. В последнее время появился простой и быстрый способ измерения электрофоретической подвижности, названный весовым и не требующий сложной аппаратуры и значительных затрат времени на измерения.

Два новых экспресс-метода седиментационного анализа позволяют получать относительно точные результаты за короткие промежутки времени. Первый из них, называемый электровесовым, заключается в проведении анализа с помощью торзионных весов при наложении на исследуемую среду постоянного электрического поля. Этот метод является особо точным, так как при нем обеспечивается регистрация весами за короткий промежуток времени всей взвеси, содержащейся в пробе воды.

Второй метод, называемый оптическим, заключается в просвечивании пробы воды источником света и в фиксации фотоприемниками силы света, прошедшего через слой воды и отраженного частицами взвеси.

Это метод является наиболее быстрым, но менее точным, чем электровесовой метод.

Дзета-метры и седиментометры можно применять в технологических схемах водоочистных сооружений г. Вологды для того, чтобы управлять процессами очистки в автоматическом режиме. Это даст возможность оперативного управления процессом коагуляции, обеспечит надежный и непрерывный контроль этого процесса, а также позволит правильно выбрать вид и дозу коагулянта и вспомогательных реагентов.

Научная новизна работы заключается в том, что разработка предлагаемых схем управления основана на применении изобретений, разработанных в Вологодском государственном техническом университете. Они представляют собой новые способы и устройства для седиментационного экспресс-анализа взвеси [1], ее дзета-потенциала в воде и других показателей. Появление быстрых и точных способов измерений создает новые перспективные возможности оперативного управления процессами коагуляции, каких до настоящего времени не существовало [2].

Важным преимуществом новых устройств, кроме перечисленных выше, является то, что появилась возможность производить измерения непосредственно в рабочих объемах сооружений без участия людей.

Основными задачами наших исследований являются усовершенствование существующих технологических схем очистки воды, внедряя разработанные способы и устройства.

Практическая значимость получаемых результатов заключается в обеспечении условий для оперативного гибкого автоматического управления процессами подготовки питьевой воды в режиме on-line на основе непрерывного контроля технологических показателей. Таким образом, если будут внедрены предлагаемые нами схемы технологического управления, то существующие системы водоподготовки без дорогостоящей реконструкции смогут обеспечить гарантированное качество воды, а это, в свою очередь, позволит уменьшить себестоимость ее очистки. Предполагаемый срок реализации идеи – 2 года.

Литература

1. Чудновский С.М., Лукьянов В.И., Львов Ю.В. Способ седиментационного анализа частиц в прозрачной среде: А.с. 1226174. СССР. МКИ G 01 15/04. Зс., ил. Опубл. 23.04.86. Бюл. 15.
2. Жирихина Е.А. Новые возможности управления процессами коагуляции природных вод/ в сб. «Материалы II ежегодных смотров-сессий аспирантов и молодых ученых по отраслям наук»: в 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – Т.1: Технические науки. – С. 168-174.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

А.Н. Галактионов

*Научный руководитель А.Г. Гудков, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Гидравлический расчет (гидродинамическое моделирование) наружных сетей подземных трубопроводов является важным этапом проектирования систем распределения и подачи воды потребителям. Сложность и кропотливость математических расчетов даже небольших трубопроводных сетей, а также необходимость учета нормативно-справочных документов (СНиП, ГОСТ, ТУ и др.) привели к разработке и применению на практике специализированных компьютерных программных комплексов так называемого класса CAE (Computer-Aided Engineering).

В настоящее время для проведения расчетов используется немало разнообразных компьютерных программ, которые условно можно разделить на три категории:

- программные средства общематематического назначения, например MathCAD, MathLab, а также на основе электронных таблиц;
- программные комплексы для моделирования широкого спектра аэрогидродинамических процессов, например, Fluent, OpenFOAM и др.;
- программы или программные модули, предназначенные исключительно для гидравлических расчетов в трубопроводных системах.

Ниже в статье приведен анализ трех компьютерных программ, относящихся к последней категории – EPANET, PLUMBING.WEB и ZuluHydro.

Краткая характеристика программ

1. EPANET (версия 2.0) – отдельное приложение, разработанное Отделом водоснабжения и водных ресурсов Лаборатории управления национальными рисками Агентства защиты окружающей среды (EPA) США. Особенностью этой программы является открытость исходного кода для модификации и локализации.

2. PLUMBING.WEB (версия 3.00) – программный комплекс, разработанный на кафедре водоснабжения и водоотведения Вологодского государственного технического университета (ВоГТУ). Особенность состоит в том, что PLUMBING.WEB построен на клиент-серверной основе,

пользовательский интерфейс реализуется веб-браузером, а большинство расчетных функций перенесено на сервер.

3. ZuluHydro (версия 5.2) – программный модуль, разработанный компанией «Политерм» (Санкт-Петербург). Особенностью программы является ее интеграция с геоинформационными системами ГИС Zulu 6.0 и ESRI ArcGIS 8, расширением (дополнением) которых и является ZuluHydro.

Изучение расчетных возможностей

Гидравлические расчетные зависимости, формулы, алгоритмы. Для расчета гидравлического сопротивления трубопровода все программы используют различные формулы: EPANET – предлагает выбор из трех (Шези-Маннинга, Дарси-Вейсбаха и Хазена-Вильямса), PLUMBING.WEB – формулы Шевелева Ф.А., ZuluHydro – зависимость Кольбука-Уайта.

Решение системы нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ), описывающих первый и второй законы Кирхгофа (в узлах и контурах), также производится самыми разными способами: EPANET использует алгоритм градиентов, PLUMBING.WEB – метод Ньютона, ZuluHydro – метод «контурных расходов».

Учет технико-экономических параметров. Наиболее полный учет технико-экономических факторов (стоимость электроэнергии, прокладки погонного метра труб и др.) возможен только в PLUMBING.WEB при оптимизировании диаметров трубопроводов, в ZuluHydro «конструкторский расчет» изменяет диаметры труб в соответствии с некоторой заданной (оптимальной) скоростью течения (или по линейным потерям) без ввода дополнительных экономических параметров. В EPANET вообще нет возможности программно подбирать диаметры трубопроводов.

Типы гидравлических элементов. Во всех трех программах для моделирования конфигурации сети используются узлы и связывающие их участки. Потребители (абоненты), а также источники являются отдельным типом в ZuluHydro и PLUMBING.WEB, EPANET включает отбор или подачу воды в свойства каждого узла сети.

Кроме этого, в EPANET существует еще четыре типа объектов: резервуар, водонапорная башня, насос и клапан (вентиль). ZuluHydro дополняет этот список такими элементами, как локальное сопротивление, обратный клапан, колодец с гидрантом, а также регуляторы расхода и давления.

Настройки и начальные установки расчета. Только две программы: EPANET и PLUMBING.WEB предоставляют возможности перед началом моделирования изменять глобальные параметры расчета.

PLUMBING.WEB позволяет регулировать точность решения CHAU и задавать параметры оптимизации диаметров; EPANET также имеет целый ряд регулируемых настроек (гидравлических, химические, временных и энергетических).

Библиотеки стандартов. EPANET не имеет предустановленной библиотеки стандартных элементов сетей. В программе PLUMBING.WEB существуют базы данных по насосным установкам и трубам. ZuluHydro содержит справочники по насосам, трубам, запорной арматуре и местным сопротивлениям, а также стандартным графикам суточного водопотребления.

Представление результатов расчета. Все программы выводят результаты расчета в табличной форме, в виде графиков и тематических карт. Помимо этого, в отличие от других программ, EPANET предоставляет возможность создания контурной или закрашенной карты распределения давлений, расходов, концентраций и др. показателей.

Обзор дополнительных возможностей. В программе EPANET существует возможность расчета концентраций растворенных веществ в каждой точке сети с учетом возможных химических реакций. PLUMBING.WEB предоставляет пользователю модифицировать базу данных насосов и труб (изменяются важные для гидравлических расчетов характеристики). ZuluHydro позволяет моделировать переходные процессы в сетях, и в частности, гидравлический удар.

Изучение программных характеристик

Операционная среда работы программ. Программы EPANET и ZuluHydro работают как приложения в среде Microsoft Windows, PLUMBING.WEB в меньшей степени зависит от операционной среды, поскольку является веб-приложением (клиентская часть, по крайней мере, работает на таких веб-браузерах, как Internet Explorer, Mozilla Firefox и Opera).

Пользовательский интерфейс. EPANET и ZuluHydro имеют интерфейс, ориентированный в первую очередь на пространственное представление элементов водопроводной сети (т.е. на карте-схеме). PLUMBING.WEB, наоборот, предлагает работу со всеми исходными данными и результатами расчетов в виде таблиц и списков.

Совместимость форматов ввода-вывода. По умолчанию EPANET сохраняет данные в своем специальном формате NET, но возможен импорт/экспорт в форматах DXF, EMF, TXT. PLUMBING.WEB хранит данные на сервере в открытом формате XML, импорт не предусмотрен, графическая информация экспортируется в формате JPEG, BMP, PNG и DXF. ZuluHydro хранит данные в нескольких проприетарных форматах

(ZPR, ZMP, B00, ZRS и ZRG), хотя возможен импорт/экспорт файлов форматов DXF, MIF, SHP, WMF.

Анализ результатов расчета тестовой водопроводной сети

В качестве тестового примера была взята водопроводная сеть из [1, стр. 76]. Сеть состоит из 18 узлов, 27 участков, 17 абонентов (потребителей) и одного источника; включает 10 контуров. Трубы выбраны чугунные новые, диаметром от 200 до 500 мм (шероховатость – 0,25 мм). Схема сети представлена на рисунке.

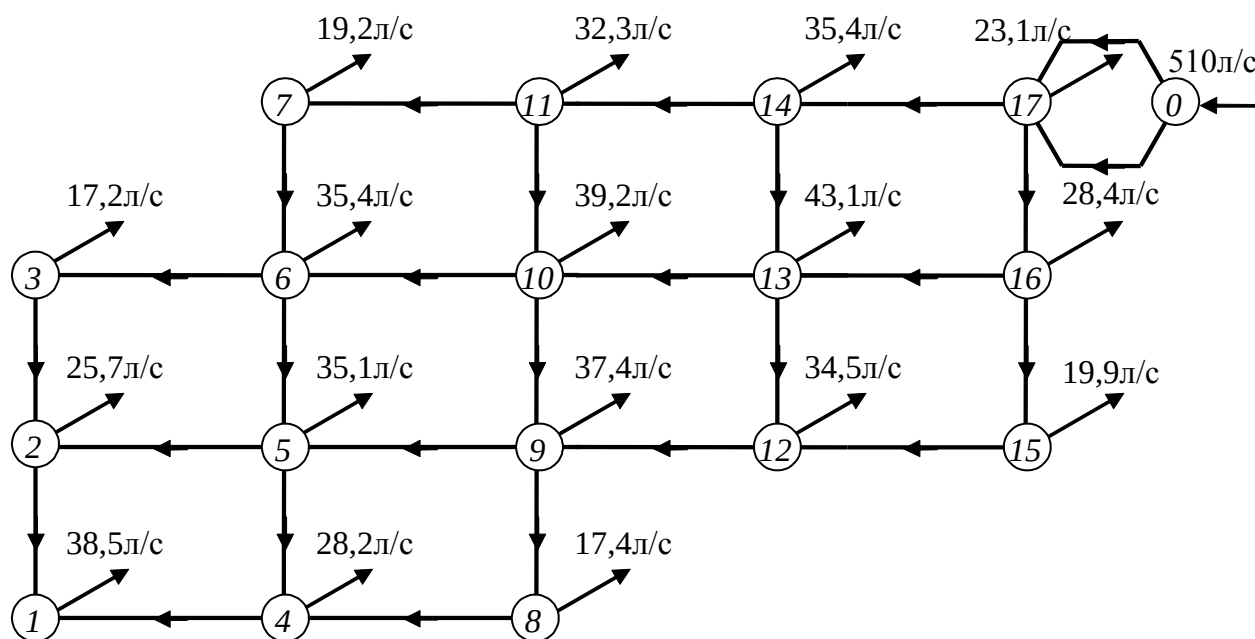


Рис. Схема водопроводной сети для сравнительного расчета

Анализ полученных результатов показал следующее:

- расходы на участках сети, рассчитанные по всем трем программам, отличаются незначительно (до 1,72%), что может объясняться различиями во внутренних диаметрах труб, заданной невязкой напоров (расходов) в контурах и т.д.;

- потери напора, рассчитанные по программам PLUMBING.WEB и ZuluHydro также отличаются между собой незначительно, в среднем на 5,1%; а вот результаты, полученные в EPANET, значительно разнятся с остальными – в среднем 26,8% (ZuluHydro) и 39,3% (PLUMBING.WEB);

- поскольку расходы, определенные по трем программам, значительно не отличаются друг от друга, можно сделать вывод о том, что причиной существенных различий в потерях напора, полученных при расчете в EPANET, является коэффициент шероховатости в формуле расчета гидравлического сопротивления труб.

Время, затраченное на расчеты, оценить в достаточной степени не представилось возможным, так как для всех рассмотренных программ нет сопоставимого критерия. Например, в результативном отчете программы EPANET отсутствует точный (до сотых долей секунды) замер времени начала и окончания расчета; а скорость работы PLUMBING.WEB зависит, по крайней мере, от трех факторов – производительности компьютера пользователя, скорости Интернет-соединения и мощности веб-сервера, на котором и происходят основные расчеты. Для приблизительного сравнения приведем время, затраченное на расчеты тестовой водопроводной сети (среднее за десять попыток): PLUMBING.WEB – 0,16 сек (время сервера), ZuluHydro – 0,62 сек.

Некоторые результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета расходов и потерь напора на участках сети

Участок	Расход на участке, л/с			Потери напора на участке, м		
	EPANET	PLUMBING.WEB	ZuluHydro	EPANET	PLUMBING.WEB	ZuluHydro
(1)-(2)	17,03	17,14	16,99	0,28	0,44	0,36
(2)-(3)	14,40	14,40	14,42	0,65	0,97	0,86
(12)-(13)	44,25	44,41	44,26	0,69	0,99	0,93
(13)-(14)	80,16	80,53	80,18	2,61	3,46	3,65
(1)-(4)	21,47	21,36	21,51	0,61	0,91	0,80
(12)-(15)	95,57	95,51	95,47	2,64	3,62	3,65
(13)-(16)	111,18	111,10	111,14	3,36	4,50	4,68
(14)-(17)	231,85	232,00	231,99	2,26	3,04	3,14
(15)-(16)	115,47	115,40	115,37	1,41	1,87	1,96
(16)-(17)	255,00	254,90	254,91	1,51	2,01	2,10
(2)-(5)	28,33	28,44	28,27	0,96	1,40	1,28
(3)-(6)	31,60	31,60	31,62	1,09	1,55	1,48
(6)-(10)	61,34	61,37	61,34	1,68	2,30	2,31
(4)-(5)	14,76	14,67	14,81	0,63	0,93	0,84
(5)-(6)	16,21	16,03	16,31	0,79	1,13	1,06
(6)-(7)	21,87	21,66	21,98	1,54	2,12	2,11
(4)-(8)	34,91	34,89	34,90	1,43	2,01	1,95
(5)-(9)	61,98	62,18	61,88	1,72	2,35	2,36
(7)-(11)	41,07	40,86	41,18	2,11	2,86	2,93
(8)-(9)	52,31	52,29	52,30	0,91	1,28	1,24
(9)-(10)	46,37	46,45	46,35	0,75	1,08	1,02
(10)-(11)	42,91	42,94	42,93	1,97	2,68	2,73
(9)-(12)	105,32	105,40	105,23	2,68	3,64	3,73
(10)-(13)	104,00	104,10	103,96	2,62	3,56	3,64
(11)-(14)	116,29	116,10	116,41	3,26	4,33	4,57
(17)-(0)	255,00	255,00	255,00	1,51	2,01	2,10
(17)-(0)	255,05	255,00	255,00	1,51	2,01	2,10

Выводы

Наиболее важные характеристики рассмотренных программных средств приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные характеристики компьютерных программ

Характеристика	Компьютерная программа		
	EPANET	PLUMBING.WEB	ZuluHydro
Операционная среда	Windows	Веб-браузер с поддержкой JavaScript	Windows
Версия	2.0	3.00	5.2 (ГИС Zulu 6.0)
Язык интерфейса	Английский	Русский	Русский
Формат файлов с данными	NET	XML	ZMP
Формат вывода результатов расчета	DXF, EMF, TXT	JPEG, BMP, PNG, DXF	DXF, MIF, SHP, WMF
Формула гидравлического сопротивления	Шези-Маннинга, Дарси-Вейсбаха, Хазена-Вильямса	Шевелева Ф.А.	Кольбрука-Уайта
Метод решения СНАУ	Алгоритм градиентов	Ньютона	Контурных расходов
Оптимизация (подбор) диаметров труб	Нет	Да	Да
Библиотеки гидравлических элементов	Нет	Есть	Есть

Основные преимущества и ограниченность программных средств приведены в табл. 3.

Таблица 3

Преимущества и ограничения программ

Программа	Преимущества	Ограничения
EPANET	1. Открытый исходный код 2. Моделирование распространения растворенных веществ 3. Регулирование общих настроек расчета	1. Нет библиотек гидравлических элементов 2. Недостаточная интеграция с текстовыми редакторами
PLUMBING.WEB	1. Кроссплатформенность 2. Модифицируемые библиотеки насосов и труб	1. Отсутствие специального приложения-клиента 2. Таблично-списковый пользовательский интерфейс
ZuluHydro	1. Современный ГИС интерфейс 2. Модифицируемые библиотеки гидравлических элементов 3. Интеграция с CAD и ГИС приложениями	1. Работа только в среде ГИС Zulu 2. Нет возможности настройки глобальных параметров расчета

Литература

1. Абрамов, Н.Н. Расчет водопроводных сетей: учеб. пособие для вузов/Н.Н.Абрамов, М.М.Поспелова, М.А.Сомов и др.– 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Стройиздат, 1983.– 278 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИНСИНЕРАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ Г. ВОЛОГДЫ

О.А. Глебова

*Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Инсинерация (сжигание) – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием осадки должны быть механически обезвожены или подвергнуты термической сушке, или пройти оба процесса.

Применение инсинерации позволяет решить проблему утилизации осадков сточных вод, улучшить санитарную обстановку, повысить экологическую безопасность станций аэрации, а также превратить использованием продуктов сжигания процесс обработки осадков из затратного в доходный.

Обработка осадка является сложной задачей в технологии очистки сточных вод. На ОСК г. Вологды осадок складировуют на полигоне твёрдых бытовых отходов (ТБО), также имеется площадка компостирования, с которой полученный компост вывозят на благоустройство и на сельскохозяйственные угодья. В целях уменьшения объемов складирования в данной работе рассматривается сжигание осадков с дальнейшей утилизацией образующейся золы в качестве органоминерального удобрения.

Согласно СНиП 2.04.03-85 п.6.338 осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод (сырой, избыточный активный ил и др.), должен подвергаться обработке, обеспечивающей возможность его утилизации или складирования. При этом необходимо учитывать народнохозяйственную эффективность утилизации осадка и газа метана, организацию складирования не утилизируемых осадков и очистку сточных вод, образующихся при обработке осадка [2].

На ОСК г. Вологды осадок из вторичных отстойников подается на илоуплотнитель, где происходит повышение концентрации активного ила. Далее уплотнённый продукт направляется в метантенки, где пере-

мешивается с сырым осадком из первичных отстойников и частично сбраживается. Влажность смеси осадков после этих сооружений составляет в среднем 98,2%. Затем осадок направляют в цех механического обезвоживания, после которого влажность кека достигает в среднем 78,7%. Фильтрат от обезвоживания и дренажная вода с площадок депонирования кека подается в здание решеток.

Полученный кек компостируется с добавлением торфа, лузги и опилок, а потом полученный продукт вывозят на с/х угодья или на полигон ТБО.

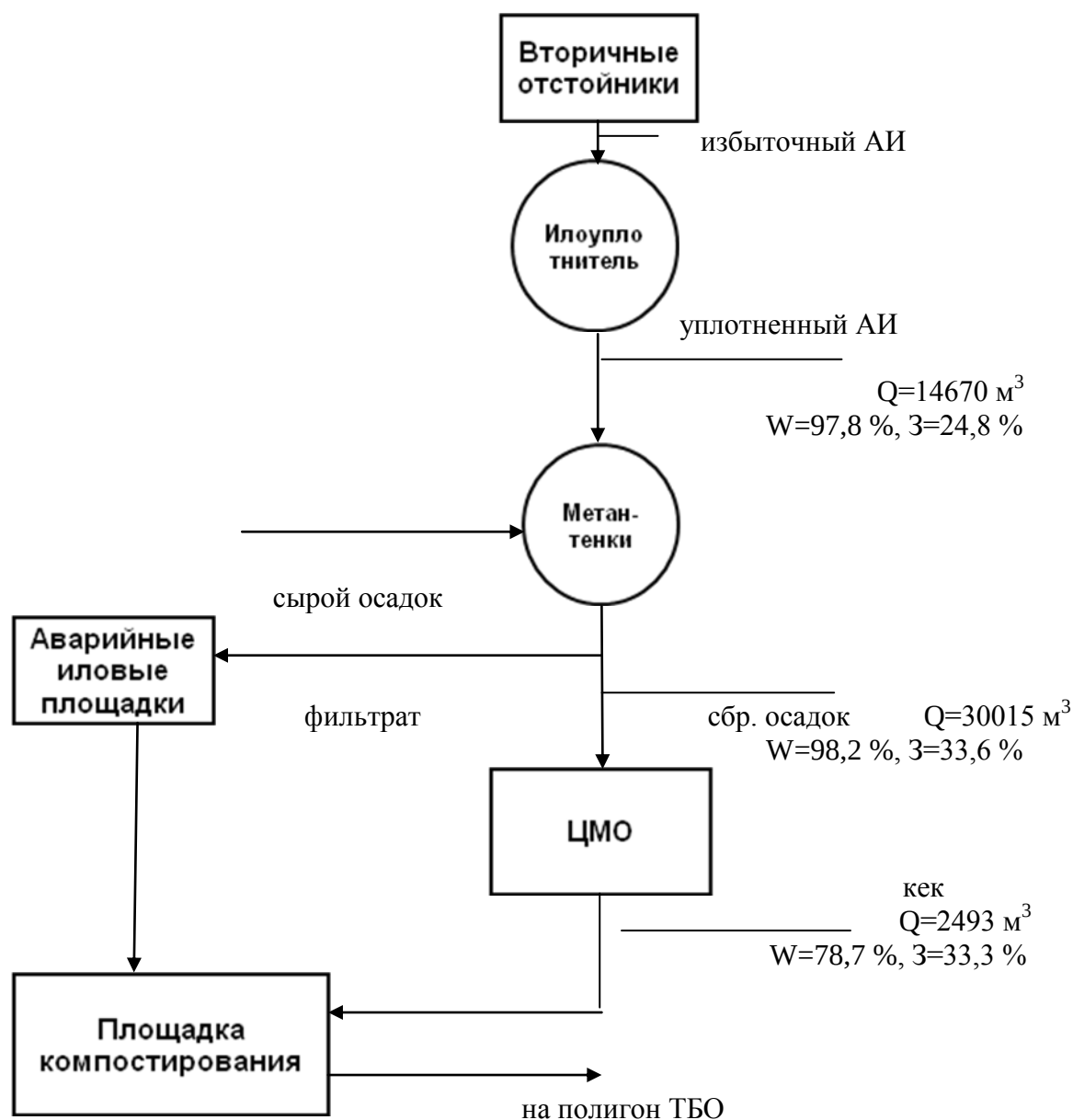


Рис. 1. Балансовая схема обработки осадка сточных вод на ОСК г. Вологды

При сжигании осадков значительно изменяется масса сухого вещества осадка. Его влажность по результатам приведённых в литературе

исследований снижается до 20-25%[3]. Примерный гранулометрический состав твердой фазы золы от сжигания осадков бытовых сточных вод при температуре около 800°C представлен на рис. 2.

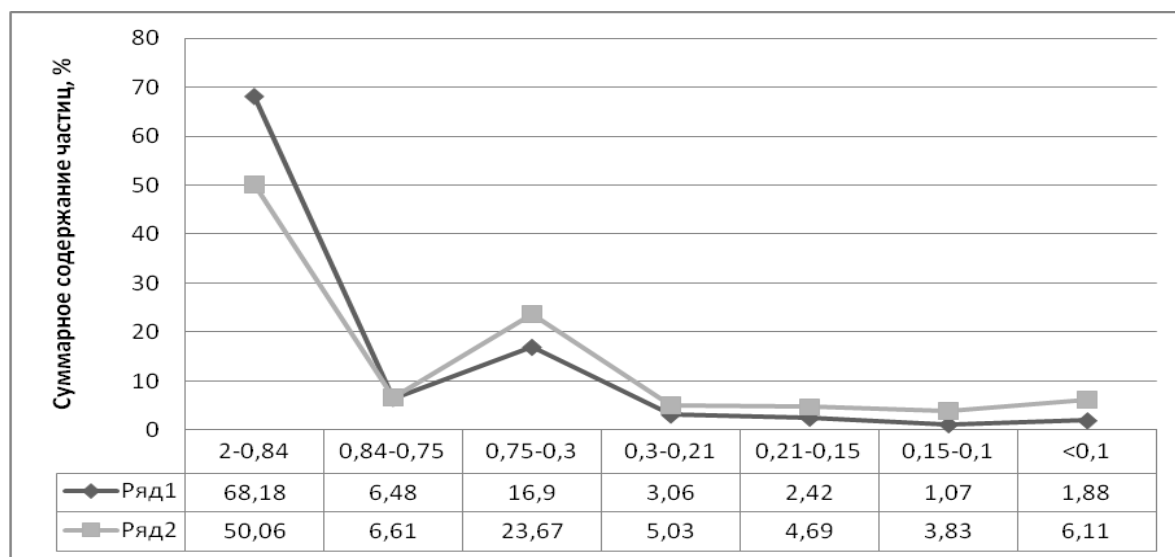


Рис. 2. Зависимость суммарного содержания частиц в золе при сжигании осадка от их размера

По распределению на диаграмме, построенной по двум образцам золы от сжигания осадков, мы видим, что максимальные размеры частиц твёрдой фазы в составе золы составляет 2-0,84 мм, поэтому в нашем случае водоотдача является лучшей. Основным компонентом осадка после сжигания является летучая зола.

Летучая зола представляет собой мелкодисперсный, многоэлементный материал, который образуется на фильтрах сухой газоочистки печей, применяемых для термической переработки отходов путём сжигания. Состав золы осадка сточных вод (ОСВ) сильно варьируется в зависимости от исходного состава ОСВ и технологии, применяемой для сжигания осадка. В общем случае зола представляет собой продукт с кислой реакцией с содержанием органики до 5%. Зола включает в себя повышенное количество красящих оксидов. В составе золы 35-54% SiO_2 , 8-13% Al_2O_3 , 6-15% CaO , 6-8% P_2O_5 , до 2% серы в пересчете на SO_2 . Тяжёлые металлы в основном в виде окислов, но также фиксируется до 62,74 ммоль/л на 100 г растворимых солей. Зола представляет собой хорошо сыпучий и пылящий порошок. Средний размер частиц 0,35 мм, однако, тяжелые металлы часто концентрированы в более мелкой и летучей фракции.

При переходе на технологию сжигания осадка, возникает необходимость в создании системы обработки и дальнейшего использования золы как сырья для получения товарной продукции, востребованной потреби-

телем. Зола – высокодисперсный и менее плотный материал, нежели обычный песок. Ряд специалистов считают ее отличным заменителем песка в строительных смесях, при этом свойства нового конструкционного материала значительно улучшаются. Применение золы как наполнителя – один из вариантов решения вопроса об утилизации продуктов инсинерации осадка с содержанием тяжелых металлов. Варианты использования золы от сжигания осадков приведены в таблице.

Таблица

Использование золы, полученной при инсинерации осадка

Область применения	В каком качестве используется
Очистка сточных вод	как реагент для очистки воды
Строительство	как сырьевой компонент для строительных материалов и конструкций
Сельское хозяйство	как удобрение для с/х угодий

Для оценки перспектив от сжигания кека на ОСК г. Вологды нами выполнен расчёт ожидаемой массы золы по данным объёмов осадков от обработки сточных вод за 2008 год. В расчётах влажность золы принята 25%, процент сгорания органического вещества – 95%. Расчёты выполнены в программе Microsoft Excel и приведены на диаграмме рис.3.

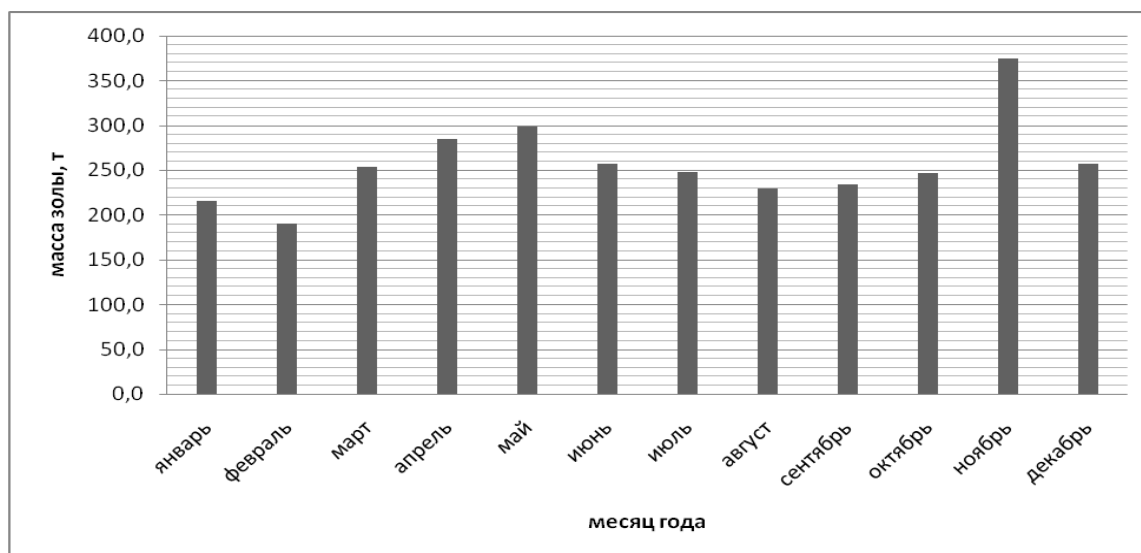


Рис. 3. Зависимость массы золы от обработки осадков сточных вод

Расчёты показали, что внедрение технологии сжигания кека позволяет снизить среднюю массу с 1440 до 705 кг/сут. В дальнейших исследованиях по этой проблеме будут проведены лабораторные эксперименты по сжиганию образцов кека, а также содержанию тяжёлых металлов в составе золы.

Литература

1. Алексеев В.И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: Учебное пособие / В.И. Алексеев, Т.Е. Винокурова, Е.А. Пугачёв. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 176 с.
2. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. – Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1996. – 72 с.
3. can_az. (2008, March 12). Состав и свойства золы, образующейся при сжигании осадка сточных вод. <http://can-az.livejournal.com/11414.html>.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ СТОКЕ С ТЕРРИТОРИЙ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

Ю.А. Груничева

*Научный руководитель М.М. Медиоланская, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Значительное загрязнение атмосферного воздуха парами нефтепродуктов происходит при заполнении и опорожнении резервуаров нефтехранилищ при "дыханиях" резервуаров. С момента добычи до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются более чем 20 переделкам, при этом 75% потерь происходит от испарений и только 25% от аварий и утечек [1]. Большое количество "дышащих" резервуаров сосредоточено на нефтепромыслах, нефтеперекачивающих станциях и в резервуарных парках нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). На долю резервуарных парков приходится примерно 70% всех потерь нефтепродуктов на НПЗ. Загрязнение атмосферы парами нефти и нефтепродуктов происходит также при наливке автомобильных и железнодорожных цистерн на эстакадах и при заправке автомашин на АЗС. Пролиты и утечки нефти и нефтепродуктов в процессе эксплуатации являются значительным фактором загрязнения поверхностного стока, а следовательно, увеличения нагрузки на локальных очистных сооружениях (ЛОС) нефтебаз и автомобильных заправочных станций. Удельные потери нефтепродуктов при наливке железнодорожных цистерн в несколько раз превышает потери из резервуаров. Суммарная резервуарная емкость автозаправочных станций составляет около 240 млн. м³. За год через эти мощности реализуется около 130 млн. т различных нефтепродуктов. По расчетным данным автозаправочные станции России выбрасывают в атмосферу в течение года более 140 тыс. т паров углеводородов. Причиной служит

несовершенство технических средств и технологических процессов транспортировки и хранения нефти. Основным видом технологических выбросов углеводородов при эксплуатации систем трубопроводного транспорта, полностью не устранимых на современном этапе развития, являются выбросы из резервуаров.

В настоящее время повышенные требования к экологической и промышленной безопасности производственных объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли требует разработки современной методики контроля и управления выбросами легких углеводородов. Это является причиной разработки новых моделей и методик, наиболее точно отражающих процессы транспортировки и хранения нефти. Поэтому разработка современных методов прогнозирования и сокращения выбросов на основе перспективных методов мониторинга и управления технологическими режимами при эксплуатации является актуальной проблемой.

Объект исследований

Объектом исследования является резервуарный парк автозаправочной станции и технологическое оборудование, обеспечивающее прием, хранение в резервуарах и отпуск нефтепродукта.

В качестве характерного примера рассмотрим типовую АЗС. К ее основному оборудованию относятся насосы, резервуарный парк, резервуары-отстойники, емкости сбора утечек. Территория АЗС имеет планировку, исключающую попадание нефти из технологических трубопроводов при возможных авариях на пожароопасные объекты.

Основные технологические операции на АЗС, обеспечивающие прием, хранение и отпуск нефти, связаны с процессами испарения и потерь нефти. По характеру воздействия источники загрязнения окружающей среды разделяются на постоянно действующие, периодические и случайные. К первой группе источников загрязнения относятся большие и малые «дыхания» резервуаров; выбросы паровоздушной смеси из баков автомобилей при заправке; выхлопные газы автомобильных двигателей на территории АЗС; выбросы при заправке и сливе нефти и нефтепродуктов. Источники этой группы загрязняют главным образом атмосферный воздух на территории, а в случае выпадения осадков часть испарившихся нефтепродуктов попадают с поверхностным стоком на локальные очистные сооружения автозаправочной станции.

Как показали исследования, основные потери нефтепродуктов происходят от «больших дыханий». Необходимость учета «малых дыханий» резервуаров при нормировании выбросов загрязняющих веществ для группы одноцелевых резервуаров, часть из которых заполняется, а остальные находятся в режиме хранения нефтепродукта - очевидна, поскольку в этом случае к выбросам загрязняющих веществ от «больших

дыханий» добавляются «малые дыхания», идентичные режиму «буферная емкость», при котором уровень жидкости в резервуаре постоянен [2].

В режиме «откачки» (без заполнения) и при условии, что объем откачки больше объема заполнения, наблюдается «обратный выдох» резервуаров, при котором величина выбросов составляет 10% от «большого дыхания». Расчет валовых выбросов проводят по сумме выбросов при различных режимах пропорционально их продолжительности (час/год).

Потери углеводородов при "больших дыханиях" вызваны сжатием паровоздушной смеси (ПВС) в газовом пространстве (ГП) резервуара поступающим в него жидким нефтепродуктом. Например, потери от "малых" дыханий с 1 м³ газового пространства резервуаров, сообщающихся с атмосферой через дыхательные клапаны, при изменении температуры паров на 10 °С равны 6-10 г, а при изменении атмосферного давления на 1 мм рт.ст – 2-4 г. Скорость насыщения парами газового пространства пропорциональна площади поверхности испарения. Подсчитано, что с 1 м² поверхности испарения наземного резервуара испаряется и теряется более 4 кг нефтепродукта в месяц. Годовые потери горючего для резервуара вместимостью 400 м³ составляют 1,28% от массы хранимого продукта.

Кроме перечисленных технологических режимов также большой интерес представляют параметры, влияющие на работу резервуарного парка.

При анализе эффективности работы резервуарного парка используются параметры, которые можно подразделить на технические, технологические, экологические и экономические. К техническим параметрам оборудования относятся: характеристики насосов (расход, частота вращения ротора, напор, коэффициент полезного действия), диаметры и длина трубопроводов, тип и количество элементов запорной арматуры, количество и геометрические размеры резервуаров и др.

К технологическим параметрам относятся: уровень нефти в резервуаре, объем нефти и газового пространства в резервуаре, температура паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара, температура окружающей среды, парциальное давление паров нефти в газовом пространстве резервуара, атмосферное давление и давление насыщенных паров нефти, разрежение в газовом пространстве, создаваемое при откачке нефти, гидростатическое давление нефти на стенку резервуара, снеговая нагрузка на кровлю резервуара и ветровая нагрузка на стенку резервуара, давление на грунт (фундамент) резервуара, масса паровоздушной смеси, ушедшей из газового пространства, при одном «дыхании».

При оценке максимальных (разовых) выбросов загрязняющих веществ из резервуаров АЗС, в качестве исходных данных принимаются объем нефтепродуктов, сливаемых из автоцистерны в резервуар, м³; время слива нефтепродуктов из автоцистерны в резервуар; максимальная кон-

центрация паров нефтепродуктов в выбросах паровоздушной смеси при заполнении резервуаров, г/м^3 (выбирается в зависимости от конструкции резервуара и климатической зоны, в которой расположена АЗС) [3].

Максимальные разовые выбросы зависят от числа одновременно заполняемых резервуаров или количества одновременно заправляемых автомобилей [3, 8]. Однако основная масса паров углеводородов накапливается в газовом пространстве в период хранения нефтепродукта в резервуаре.

Уменьшение объема выбросов паров углеводородов в атмосферу также может быть достигнуто путями: улучшением герметизации емкостей; снижением абсолютных значений температуры газового пространства и хранимых продуктов, а также уменьшением амплитуды их колебаний; уменьшением объема газового пространства в резервуаре; улавливанием паров углеводородов, образующихся в резервуарах, - что ведет к улучшению экологической обстановки окружающей среды на территории резервуарного парка, и экономии нефтепродуктов. Средства сокращения потерь от испарения нефтепродуктов с указанием эффективности их использования представлено на рисунке [4, 5, 6].

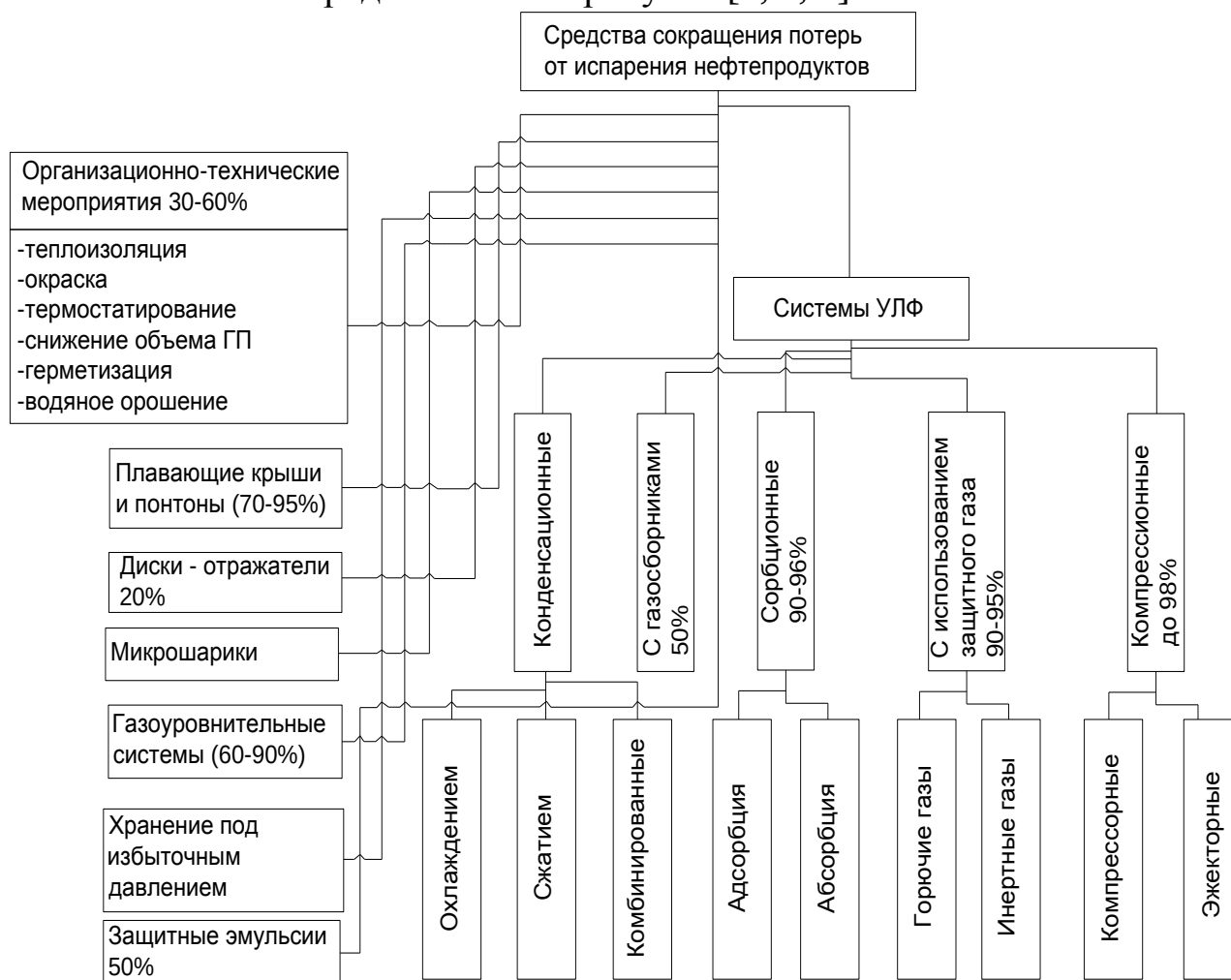


Рис. Средства сокращения потерь от испарения нефтепродуктов с указанием эффективности их использования

В настоящее время наибольшее распространение за рубежом в качестве средств сокращения потерь углеводородов получили плавающие крыши и понтоны. Они обеспечивают значительную степень сокращения потерь и относительно дешевы и просты.

В нашей стране доля резервуаров с плавающими крышами и понтонами не превышает 20% [3], остальные - не имеют никаких средств сокращения потерь от испарений. Использование плавающих крыш и понтонов связано с рядом конструктивных и технологических проблем, которые затрудняют их применение. Основными из них являются: потопление и заклинивание плавающих крыш и понтонов из-за неравномерной нагрузки от атмосферных осадков, перекоса направляющих труб, образования твердых отложений на стенках резервуара; потери углеводородов со смоченных стенок резервуара; возможность загрязнения хранимого нефтепродукта примесями из атмосферного воздуха; повышенная пожаро- и взрывоопасность.

Одним из перспективных направлений развития средств улавливания углеводородных паров является применение компрессионных систем улавливания легких фракций с использованием жидкостно-газовых струйных аппаратов (струйно-компрессорных установок) [6, 7]. В этих установках для улавливания паров легких фракций в качестве рабочей среды можно использовать нефтепродукт, поступающий в резервуар, а затем подавать уловленные пары непосредственно в нефтепродукт. При этом схема становится замкнутой. Струйно-компрессорные установки (СКУ) для улавливания легких фракций обеспечивают высокую степень сокращения потерь, обладают малой металлоемкостью и капиталоемкостью, просты и надежны в эксплуатации. Однако из-за недостаточной изученности рабочих процессов такие установки пока не применяются в промышленной эксплуатации.

При расчете выбросов от АЗС при «закольцовке паров бензина во время слива из транспортной цистерны» в соответствии с п. 4.11 методики [10] сокращение выбросов в атмосферу составляет 60%. На эту величину сокращаются максимальные разовые (г/с) выбросы и часть величины валового выброса (т/г), относящиеся к «большим дыханиям» резервуаров [2].

В соответствии с «Указаниями по проектированию хранения нефтехимических продуктов под азотной «подушкой» У-03-06-90. МИНХИМНЕФТЕПРОМ СССР, 1990 г.», при хранении нефтепродуктов 1, 2 и 3-го класса опасности и дурнопахнущих веществ в резервуарах типа РВС под азотной «подушкой» с мокрым газгольдером для хранения вытесняемой из резервуаров паро-азотной смеси выбросы этих паров сокращаются на 90-95%.

Одновременная покраска внешней и внутренней поверхности крыши резервуара уменьшает потери от испарения. Обычно поверхности резервуаров окрашивают алюминиевой краской или белой эмалью, которые снижают поток тепла вовнутрь резервуара.

Один из эффективных способов хранения легкоиспаряющихся нефтей и нефтепродуктов — хранение в заглубленных и подземных резервуарах, отличающихся относительным постоянством температурного режима. При хранении в заглубленных резервуарах почти полностью исключаются потери от «малых дыханий», так как, будучи засыпаны грунтом, они не подвергаются солнечному облучению, и, следовательно, в них почти отсутствуют суточные изменения температуры газового пространства. По сравнению с наземными резервуарами потери от «малых дыханий» в заглубленных резервуарах сокращаются в 8–10 раз и несколько снижаются потери от «больших дыханий».

Согласно [10], установка дисков-отражателей (особенно эффективна на резервуарах с большой оборачиваемостью нефтепродуктов) снижает потери в среднем на 20%; налив железнодорожных и автоцистерн не падающей струей, а под слой нефтепродукта сокращает потери на 50-60%; обвязка дыхательной арматуры резервуаров газосборниками сокращает потери на 60% (при совпадении операций слива-налива).

Анализ рассмотренных методов позволяет сделать следующие выводы:

1. Для реконструируемых АЗС и резервуарных парков рекомендуется окрашивать внешнюю и внутреннюю поверхности крыши алюминиевой краской или белой эмалью; при необходимости - охлаждать в теплый период года.

2. Для новых АЗС и резервуарных парков – применять резервуары в подземном исполнении, оборудованные современными средствами снижения выбросов (понтонные или сорбционные фильтры).

Выполнение указанных рекомендаций позволит не только уменьшить экономические потери от испарения нефтепродуктов, но и сократить экологический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, почвы и поверхностных источников водоснабжения за счет снижения концентрации нефтепродуктов на прилегающей к резервуарному парку территории и тем самым снизить нагрузку по нефтепродуктам на локальные очистные сооружения промливнестоков, что существенно увеличивает срок эксплуатации фильтрующей загрузки до полного использования ее сорбционной емкости по нефтепродуктам и грязеемкости по взвешенным веществам.

Литература

1. Резервуары для хранения нефтей и нефтепродуктов: Курс лекций/ Ю.Д.Земенков, Н.А. Малюнин, Л.М. Маркова, и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1998.

2. Методика расчета вредных выбросов в атмосферу от нефтехимического оборудования (РМ 62-91-90). – Воронеж, 1990 (кроме раздела 2.1).
3. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятиях железнодорожного транспорта (расчетным методом). – М., 1992.
4. Перспективные методы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения в резервуарах/ И.Г. Блинев, В.В. Герасимов, А.А. Коршак, В.Ф. Новоселов, Ю.А. Седелев. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1990.
5. Системы улавливания легких фракций нефти и нефтепродуктов из резервуаров: учеб. пособие для вузов / А.А. Коршак, И.Г. Блинов, В.Ф. Новоселов. – Уфа: Изд. Уфим. нефт. института, 1991.
6. Прохоренко, Ф.Ф. Герметизированная система хранения испаряющихся нефтепродуктов в резервуарах и защита окружающей среды/ Прохоренко Ф.Ф., Андреева Г.А. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1991.
7. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух // Интеграл. – СПб, 2005.
8. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. – Новополюк, 1997.
9. Методика нормирования выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Госкомнефтепродукта РСФСР. – Астрахань, 1988.
10. Дополнение к «Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров». – СПб., 1999.

НОВЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

Е.А. Данилова

Научный руководитель С.М. Чудновский, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Вода – это вещество, которое определяет жизнедеятельность человека практически во всех ее сферах. Поэтому проблемы воды касаются всего человечества. Запасы свежей воды не беспредельны. При этом вода, используемая людьми, должна иметь качество, соответствующее виду ее использования и требованиям органов здравоохранения. Используемая вода, возвращаемая в окружающую среду, не должна вредить

этой среде. Поэтому контроль качества воды является насущной проблемой, без решения которой невозможно эффективно осуществлять природоохранные мероприятия, производить очистку природных и сточных вод, внедрять экологически чистые технологии.

Несмотря на интенсивное развитие науки и техники, в настоящее время существует большое количество проблем, связанных с ненадежным, длительным и неточным контролем качества природных и сточных вод. Решению данной проблемы может способствовать разработка и использование автоматических измерительных устройств непрерывного действия.

Целью нашей работы является разработка прибора, позволяющего контролировать ряд показателей качества воды в автоматическом режиме. В качестве прототипа было принято устройство для анализа воды [1], которое было разработано в Вологодском государственном техническом университете. Оно предназначено для непрерывного контроля качества природных вод по 7 показателям: мутность, электропроводность, температура, вязкость, электрофоретическая подвижность, дзета-потенциал и гранулометрический состав взвеси (седиментационный анализ). Эти показатели имеют большое значение при решении технологических проблем, связанных с подготовкой воды питьевого качества. Функциональные возможности этого устройства позволяют значительно повысить надежность технологического контроля процессов водоподготовки, сократив трудовые и денежные затраты и сведя до минимума затраты времени на процессы измерения и обработку полученных результатов. Эти особенности устройства, в свою очередь, создают предпосылки для оперативного управления технологическими процессами очистки воды, а, следовательно, позволяют разрабатывать гибкие технологии водоподготовки.

Для определения патентной чистоты и патентоспособности разрабатываемого нами прибора, а также возможностей расширения функциональных свойств существующего устройства для анализа воды [1] были проведены патентные исследования. Поиск проводился по фондам Роспатента по классу G01N глубиной 15 лет. При поиске использовалась также другая научно-техническая информация.

В результате патентных исследований предварительно было установлено, что имеется возможность увеличить количество контролируемых показателей. В частности, есть возможность добавить к уже существующим показателям по патенту RU 2132049 следующие:

1. Химическая потребность воды в кислороде (ХПК) [2];
2. Содержание остаточного хлора в воде [3].

Для выявления преимуществ разрабатываемого прибора по сравнению с прототипом составлялись их функциональные схемы и сравнивались функциональные элементы. Функциональная схема разрабатываемого устройства приведена на рисунке.

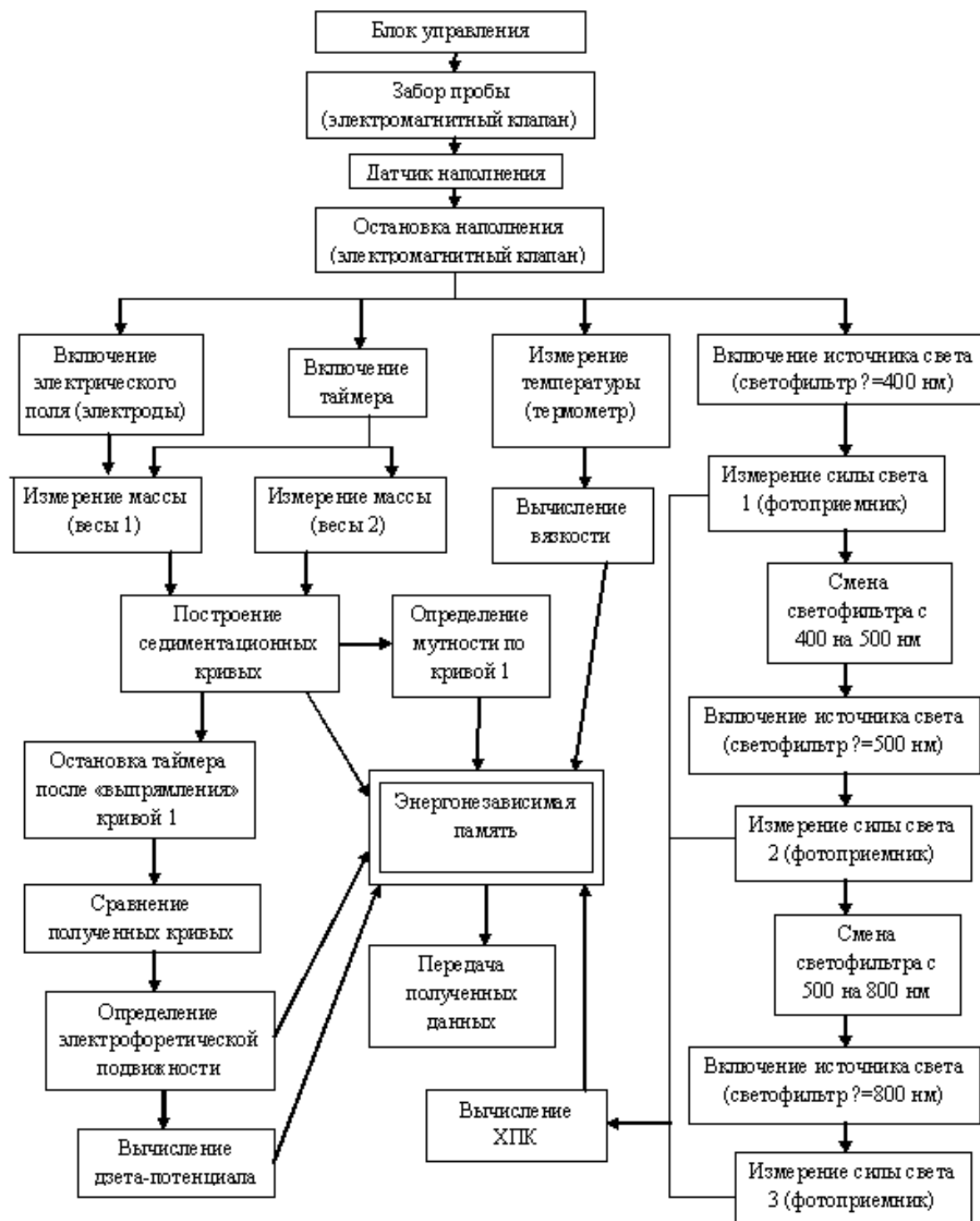


Рис. Функциональная схема разрабатываемого прибора

Пояснения к функциональной схеме

Блок управления осуществляет координацию действий всей системы и обработку получаемых данных. В нем заложена программа работы устройства, последовательность включения и выключения всех элементов прибора, а также все алгоритмы (для построения седиментационных кривых) и формулы для определения некоторых показателей (вязкости, мутности, электрофоретической подвижности, дзета-потенциала и ХПК).

Электромагнитный клапан управляется блоком управления и обеспечивает подачу воды в измерительные цилиндры и ее отвод.

Датчик наполнения отслеживает процесс наполнения измерительных цилиндров, при наборе необходимого объема воды датчик посылает сигнал на блок управления, и электромагнитный клапан закрывается, наполнение измерительных цилиндров прекращается.

Кольцевые электроды создают постоянное электрическое поле в одном из цилиндров, а также участвуют в измерении остаточного хлора.

Термометр измеряет температуру пробы воды. По измеренной температуре определяется вязкость.

Весы фиксируют массу оседающих частиц в одном цилиндре под воздействием электрического поля, а в другом без него. Данные об изменении массы поступают в блок управления, который на основании значений массы (весы) и времени (таймер) строит седиментационные кривые, а также по данным о конечной массе осевших частиц (всех частиц взвеси в пробе) и объему воды над плоскостью весов определяет мутность. Также из сравнения седиментационных кривых блок управления определяет электрофоретическую подвижность частиц, а затем дзета-потенциал.

Фотоприемник фиксирует силу света, прошедшего через пробу при наложении на него светофильтров с $\lambda=400, 500$ и 800 нм. На основании трех измеренных величин блок управления вычисляет ХПК.

Энергонезависимая память сохраняет данные обо всех измеренных показателях.

Передачик осуществляет передачу данных на заранее заданное внешнее устройство (компьютер).

В результате исследования было установлено, что функциональные свойства разрабатываемого устройства шире и лучше, чем у прототипа.

В частности, используется не одна измерительная кювета, а три, которые находятся в одном общем цилиндре, что позволяет расширить количество измеряемых показателей. Седиментационный анализ проводится электро-весовым способом. В двух цилиндрах происходит оседание частиц взвеси на чашечки весов, в одном при наличии электрического

поля, а в другом при его отсутствии. Данный способ является наиболее точным по сравнению с оптическим, что позволяет с большей точностью определять гранулометрический состав взвеси и электрофоретическую подвижность частиц. Химическую потребность в кислороде предполагается определять оптическим способом путем измерения показателя поглощения света на определенных длинах волн и последующего вычисления ХПК по известной формуле. Определение остаточного хлора в воде будет осуществляться амперометрическим способом путем восстановления хлора на измерительном электроде и измерения тока его восстановления.

Таким образом у разрабатываемого нами прибора увеличивается скорость и повышается точность измерений, а также увеличивается количество измеряемых показателей.

В настоящее время мы занимаемся разработкой компоновочной схемы нового устройства, а также ведем работу по увеличению измеряемых показателей.

Литература

1. Пат. 2132049 Российская Федерация: С1 6 G 01 N 15/04. G 01 N 27/26. Устройство для анализа воды / С. А. Главчук, М. Н. Позднякова, С. М. Чудновский, Ю. В. Львов; заявитель и патентообладатель Вологодский политехнический университет. - № 97119687/25; заявл. 10.11.97 ; опубл. 20.06.99, Бюл. №14. – 7 с.
2. Пат. 2087901 Российская Федерация: С1 6 G 01 N 21/27. Оптический способ определения химического потребления кислорода в природных водах / А.Д. Апонасенко, В.С. Филимонов, В.Н. Лопатин, Л.А. Шур; заявитель и патентообладатель Институт биофизики СО РАН. - № 94011402/25; заявл. 01.04.94 ; опубл. 20.08.97, Бюл. №06. – 5 с.
3. Пат. 2163375 Российская Федерация: С2 7 G 01 N 27/26. Амперометрический способ определения остаточного хлора в воде / И.А. Семенов; заявитель и патентообладатель Государственное унитарное предприятие «Уральский науч.-ислед. хим. ин-т с опытным заводом». - № 99103943/28; заявл. 23.02.99 ; опубл. 20.02.01, Бюл. № . – 5 с.
4. Чудновский С. М. Приборы и оборудование по контролю за состоянием природных и сточных вод: учеб. пособие/ С.М. Чудновский. – 2-е изд. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 80 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ЛАГЕРЕЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Т.В. Душак

Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

В период проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ приходится действовать в сложной обстановке. В результате чрезвычайной ситуации, как правило, полностью или частично разрушаются системы жизнеобеспечения поселений, поэтому организовать стационарное размещение пострадавших, эвакуированных граждан и аварийно-спасательные формирования чаще всего не представляется возможным. В этих условиях для временного проживания населения и спасателей устраивают полевые лагеря.

Под лагерем понимается размещение людей в полевых условиях с использованием палаток или других быстровозводимых сооружений (блиндажей, домиков и пр.). Палатки в лагере располагаются группами. Весь лагерь разбивается на прямоугольные кварталы продольными и поперечными линейками, которые одновременно служат и дорогами. По глубине лагерь делится на полосы тремя параллельными фронту лагеря линейками: передней, средней и задней. Расстояние между линейками в глубину определяется системой расположения палаток, необходимых построек и оборудования. Ширина передней линейки – не менее 10 м, средней и задней – не менее 5 м. Между рядами палаток в глубину оборудуются дорожки шириной до 3 м. Для движения техники вдоль расположения лагеря в его тылу устраиваются дороги отдельно для колесных и гусеничных машин [9].

Для полевого размещения выбирают сухое, незагрязненное, безопасное в эпидемиологическом отношении место, находящееся не менее, чем в 2 км от свалок, полей орошения, скотомогильников и заболоченных мест. Важно также предусмотреть необходимые запасы воды. В лагере размещаются палатки или жилые постройки, администрация лагеря, медицинский пункт, кухня, полевая баня, хозяйственные постройки, склады, умывальники и погребки для хранения питьевой воды, туалеты, мусоросборники, помойные ямы, места сбора кухонных отходов и мусора [12]. В таких условиях высок риск возникновения и распространения инфекций и болезней. Чтобы не допустить такого развития событий, не-

обходимы соответствующие санитарно-противоэпидемические мероприятия, в число которых в первую очередь входит организация водоснабжения и водоотведения.

В качестве источника водоснабжения полевого лагеря рассматриваются варианты: обеспечение лагеря водой хозяйственно-питьевого назначения из систем централизованного водоснабжения ближайших населенных пунктов, из собственных водозаборных скважин (подземных водоисточников), шахтных колодцев или родников или использование запасов бутылированной воды. Использование в качестве водоисточников открытых водоёмов (рек или озер) разрешается лишь в случае отсутствия подземных водоисточников при условии инженерного оборудования пунктов водоснабжения [9]. Для лагеря длительного функционирования наиболее предпочтительным является оборудование собственной системы водоснабжения с сетями и сооружениями. В остальных случаях предусматривается снабжение лагеря привозной водой с развёртыванием водоразборных пунктов. На территории лагеря устанавливаются ёмкости для хранения 2–3-суточного запаса питьевой воды. Употребление воды для хозяйственно-питьевого назначения и санитарно-бытовых нужд из непроверенных источников запрещается. Заключение о пригодности воды к употреблению даёт начальник медицинской службы [6, 9, 12]. Разведка водоисточника, проводимая медицинской службой, включает следующие мероприятия: санитарно-эпидемиологическое обследование территории; определение местонахождения, вида, дебита источника, его техническое оборудование, оценку санитарного состояния прилегающей территории, поиск источников загрязнения воды; отбор проб воды для анализа; оценку качества воды и ее пригодности для хозяйственно-питьевых нужд; подбор необходимых мер по очистке и обеззараживанию воды [12]. При отсутствии внешних признаков санитарного неблагополучия водоисточника отбираются пробы воды, и на месте определяется ее качество.

Норма водопотребления для питьевых целей определяется суточной потребностью человека в воде в экстремальных условиях полевого лагеря и соответствует количеству воды, теряемой организмом. При выполнении обычной работы в нормальных погодных условиях человеку на сутки для восполнения дефицита воды, теряемой организмом, требуется около 2,5 л жидкости. При выполнении тяжелой физической работы в жарком климате - 3-5 л/сут на человека, а в некоторых случаях - до 6-10 л/сут на человека. На основании этого и строятся нормы водопотребления для полевых условий. Дополнительно к названным количествам должна быть предусмотрена вода для гигиенических целей. В особо

сложных условиях при дефиците запасов воды, норма водопотребления снижается до 2,5 л/сут на человека (на срок до 3 суток) [12].

Вода из стационарных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения подвергается лабораторному исследованию не реже 1 раза в 10 дней. Вода, используемая для хозяйственно-питьевых целей в полевых лагерях, должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу, иметь благоприятные органолептические свойства. Вода, используемая для хозяйственно-питьевых целей, по своему составу и свойствам должна быть прозрачной, бесцветной, без вкуса и запаха. Качество воды хозяйственно-питьевого назначения, добываемой и обрабатываемой службами материально-технического обеспечения самостоятельно с помощью полевых средств, должно отвечать требованиям, приведённым в таблице [9].

Таблица

**Требования к качеству воды для хозяйственно-питьевых целей
в полевых лагерях, добываемой службами материально-
технического обеспечения самостоятельно**

Показатель качества воды	Добываемой из скважин	Добываемой из шахтных колодцев и родников
Количество бактерий кишечной группы в 1л (коли-индекс)	Не более 3	Не более 10
Прозрачность, см	Не менее 20	Не менее 30
Цветность, градусы	Не более 35	Не более 30
Запах, баллы	Не более 3	Не более 3
Вкус и привкус, баллы	Не более 3	Не более 3
Остаточный активный хлор, мг/л	0,8-1,2	-
Содержание нитратов мг/л	-	Не более 10

В случае самостоятельной добычи воды из источника, в полевом лагере оборудуют пункт водоснабжения, представляющий собой площадку у водоисточника с сооружениями и оборудованием для добычи, очистки, хранения и распределения воды. Эти пункты могут быть устроены на базе любого источника воды (река, озеро, родник, колодец, скважина). Лица, обслуживающие пункт водоснабжения, регулярно проходят медицинский осмотр. Для хранения и перевозки воды используются автотранспортные и железнодорожные цистерны, подручные средства (бочки, канистры и др.), табельные средства из прорезиненной ткани различной емкости [9]. Питьевая вода в полевых условиях хранится в закрытой таре, а разбор ее производится через краны. При длительном хранении

запасов воды ее необходимо периодически обеззараживать [12]. Пункты водоснабжения, как правило, организуются вблизи источника воды.

Методы очистки и обеззараживания воды должны определяться в соответствии с качеством воды в источнике. В ряде случаев кроме обеззараживания может потребоваться дезактивация воды.

Вода, доставляемая средствами подвоза для хозяйственно-питьевого водоснабжения полевых лагерей, в обязательном порядке подвергается дезинфекции хлорированием [6], как наиболее надёжному методу, имеющему пролонгированное действие по эффекту обеззараживания. Хлорирование воды производится в любой таре: в деревянных бочках, металлических цистернах, резиново-тканевых резервуарах, ведрах. Рассчитанное количество хлорной извести тщательно растворяют в небольшом объеме воды (в котелке или ведре) и выливают в резервуар с водой, подлежащей обеззараживанию. Вода тщательно перемешивается чистым деревянным веслом, через 30 минут (зимой через 1-2 часа) после предварительной органолептической оценки и определения остаточного хлора ее разрешают к употреблению [6].

Подвоз воды в лагерь осуществляется под руководством специально назначенного спасателя, имеющего санитарную книжку, в оцинкованных бочках, емкостях или цистернах. На средства подвоза воды оформляются санитарные паспорта. Работники пункта водоснабжения периодически проходят медицинское обследование и осмотр с отметками в личных санитарных книжках. Запрещается выдавать воду: лицам, не предъявившим оформленный санитарный паспорт на средство подвоза воды и не прошедшим медицинское обследование в требуемом объеме и в установленный срок. А также в случае загрязнения емкостей для воды, всасывающих или переливных рукавов, нарушения герметичности люков, наличия течи и т. д. Выдача воды из средств подвоза (хранения) осуществляется только с помощью кранов или штатных насосов. Средства подвоза и хранения воды, всасывающие или переливные рукава, перед каждым использованием промываются чистой водой и не реже одного раза в неделю подвергаются дезинфекции путем орошения или погружения в трехпроцентный осветленный раствор хлорной извести. Ёмкости для хранения воды (цистерны, оцинкованные бочки) не реже одного раза в неделю промывают и дезинфицируют, заполняя водой с содержанием 25-30 мг/л активного хлора. Через 1 час после заполнения ёмкость промывают чистой водой до исчезновения запаха хлора [9, 12].

Вокруг пунктов водоснабжения в радиусе 30 метров оборудуется зона санитарной охраны. В этой зоне запрещается устройство туале-

тов, мусорных ям, поглощающих колодцев, проведение всех видов строительства, а также проживание личного состава.

Емкости для хранения и раздачи питьевой воды должны быть всегда закрытыми. Выдачу питьевой воды проводить только в течение суток. Хранить питьевую воду больше одних суток, а также доливать и смешивать свежekiпяченую и сырую воду с оставшейся в емкости водой запрещается [6].

В каждом квартале полевого лагеря предусматриваются умывальники из расчёта 1 кран на 5-7 человек. В холодное время умывальники размещаются в утеплённых палатках и оборудуются устройствами для подогрева воды. Не реже 1 раза в 3 дня умывальники следует очищать и дезинфицировать однопроцентным раствором хлорной извести с последующей промывкой [9].

Личный состав аварийно-спасательного формирования в полевых условиях пользуется питьевой водой из индивидуальных фляг, которые заполняются доброкачественной водой или кипячёной водой на продовольственном пункте лагеря [12].

Для размещения полевой бани выбирается ровная и сухая площадка, на которой в палатках или приспособленных помещениях разворачиваются раздевально-одевальное и помывочное отделения, размещаются дезинфекционно-душевые установки и ёмкости для воды. Для помывки используется вода только из источников, разрешенных к использованию медицинской службой. Для её подвоза выделяется необходимое количество автоцистерн или используются ёмкости для хранения воды [9].

Системы водоотведения состоят из полевых туалетов, септиков для сбора сточных вод и реже: очистных сооружений. Туалеты размещаются на расстоянии не менее 40-100 м от жилых палаток и продовольственного пункта и пункта водоснабжения [9, 12]. Они должны иметь надземную часть и выгреб (септик). Надземная часть сооружается из расчёта 1 очко на 10-12 человек и выполняется из плотно пригнанных материалов (досок, кирпичей и т.д.), непроницаемых для насекомых и грызунов, с гладкими поверхностями. Выгреб должен плотно закрываться крышкой и быть водонепроницаемым. Его глубина зависит от уровня грунтовых вод, но не должна быть более 3 м [9]. Выгребы должны регулярно очищаться и дезинфицироваться, не допускается наполнение выгреба выше отметки, расположенной на 0,35 м ниже уровня земли. Пол и стены полевых туалетов на уровне 1 метра от пола ежедневно дезинфицируются 1% раствором хлорной извести, а жидкие отбросы в выгребах -10% раствором этого препарата [6].

Сточные воды от умывальников по открытым лоткам направляются в фильтрующие колодцы, заполненные шлаком или щебнем. Перед спуском эти воды пропускаются через мылоуловитель, в качестве которого используются ящики с решетчатым дном, заполненные соломой, стружкой или сухой травой. Мыльные воды от бань перед спуском в фильтрующий колодец так же необходимо пропускать через мылоуловитель [6, 9, 12]. Сточные воды отводятся в поглощающие колодцы или выгребов достаточной ёмкости на расстоянии не менее 10 м от места помывки [12].

В теплое время наружные туалеты, мусоросборники и почву вокруг них в целях борьбы с мухами регулярно обрабатывают инсектицидами. Укрытие нечистот слоем земли предупреждает развитие мух [6, 9, 12]. Загрязнённые воды (кухонные, банно-прачечные) перед сбросом на рельеф или в грунт предварительно дезинфицируют хлорной известью с часовой экспозицией [12].

Как показывает выполненный нами обзор развёртывание систем водоснабжения и водоотведения полевых лагерей достаточно разработано в организационном порядке, однако типовых технических и технологических решений, отвечающих сохранению здоровья спасателей и пострадавших, рекомендуемых к применению в полевых условиях, в литературе практически не приводится. Целью дальнейших исследований является разработка новых, более современных типовых технологий для водоснабжения и водоотведения полевых лагерей и обеспечения санитарной безопасности аварийно-спасательных формирований и пострадавших граждан в экстремальных условиях.

Литература

1. Рябчиков Б.Е. Насыпные фильтры непрерывного действия для водоочистки и водоподготовки / Б.Е. Рябчиков, П.В. Есауленко.. – М.: ЦНИИЦветметинформации, 1989. – 32 с.
2. Рябчиков Б.Е., Современные методы обезжелезивания и деманганации природной воды // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – №1. – С. 4–6.
3. Поляков А.С. и др. Проблемы совершенствования технологических приемов и схем переработки жидких отходов низкой и средней удельной активности / А.С. Поляков, Б.В. Мартынов, В.В. Туголуков и др. // Management of low and intermediate level radioactive wastes. - IAEA, Vienna, 1988. – V 1. – P. 59- 73.
4. Пригун И.В. О проектировании систем водоподготовки / И.В. Пригун, М.С. Краснов // Журнал «Строительный Инжиниринг», г. Москва.

5. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004.- 301 с.
6. Постановление Министерства обороны Республики Беларусь от 30 декабря 2002 г. №58 "Об утверждении Инструкции о порядке обеспечения санитарно-эпидемического благополучия личного состава Вооруженных Сил Республики Беларусь при расположении воинских частей на полигонах (в лагерях)".
7. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие. Т.1, изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 288 с.
8. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие. Т.2, изд. 2-е, перераб. и доп. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
9. Полявский С. А., Сагалаков Д. А. Организация размещения и жизни армии в полевых условиях / статья / г. Москва.
10. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, перераб. и доп. Учебное пособие. Т.3. Системы распределения и подачи воды. – М.: Издательство АСВ 2004. – 256 с.
11. Вода. Санитарные правила, нормы и методы безопасного водопользования населения: Сборник документов. – 2-е изд., перераб. и доп. /Составители: Ю.А.Рахманин, З.И.Жолдакова, Г.Н.Красовский. – М.: "ИнтерСЭН", 2004. – 768 с.
12. Учебник спасателя / С. К. Шойгу, М. И. Фалеев, Г. Н. Кириллов и др.; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева, 2-е изд. перераб. и доп. – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 528 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОГО ТВОРОГА

Р.И. Захаров, Н.С. Величкович

*Научный руководитель А.Ю. Просеков, д-р техн. наук, профессор
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
г. Кемерово*

Целью данной работы является разработка инновационной технологии вакуумной сушки творога. Актуальность работы заключается в том, что в условиях сезонности производства большинства молочных продуктов, в том числе творога, огромной протяженности страны, ограничен-

ных сроков хранения готовых продуктов важное значение приобретает совершенствование и разработка новых методов консервирования. К таким методам относится вакуумная сушка, принцип применения которой основан на высушивании при остаточном давлении выше давления кипения тройной точки воды.

Необходимость производства сухого творога подтверждается его востребованностью в ряде сегментов потребительского рынка пищевых продуктов. Весьма остро ощущается нехватка молока и молочных продуктов в Закавказье, на Крайнем Севере и Дальнем Востоке. Высушенные продукты нужны для создания запасов на длительные сроки (Госрезерв), снабжения жителей отдаленных районов страны, организации питания личного состава армии и флота, геологов, работников лесной, газовой, строительной, нефтеперерабатывающей промышленности и т.д., а также для улучшения структуры питания всех возрастных групп населения. Для туристов, путешественников это идеальный вариант, потому что сухие продукты долго хранятся, не требуя особых условий, занимают минимум места, быстро готовятся, к тому же эти продукты очень питательны.

Кроме снабжения отдельных районов страны, армии, флота и экспедиций сухие молочные продукты необходимо применять для обогащения пищевых продуктов. При использовании сухих молочных продуктов дополнительно к мясным и рыбным при производстве пищевых концентратов не только улучшается их пищевой состав благодаря незаменимым аминокислотам, кальцию, фосфору, но и снижается стоимость.

Обезвоженные продукты, в том числе творог, можно хранить и распределять через торговую сеть, пользуясь обычными складскими помещениями и транспортными средствами. Кроме того, обезвоживание пищевых продуктов уменьшает массу и объем, обладая существенными преимуществами с точки зрения их хранения и размещения по сравнению с другими методами консервирования. Все, вместе взятое, говорит о том, что обезвоживание может стать идеальным методом хранения творога.

Сушка – один из наиболее перспективных способов консервирования пищевых продуктов, позволяет резко сократить расходы на хранение продукции, транспорт, обеспечить длительную сохранность качественных показателей. Так как творог является термолабильным пищевым продуктом, то для его сушки приемлемы только два способа: сублимационный и вакуумный.

Сублимационная сушка позволяет вырабатывать сухие продукты с высокими качественными показателями, однако обладает следующими

недостатками: длительность процесса сушки, сложность и дороговизна применяемого оборудования, повышенный расход электроэнергии, необходимы морозильные камеры или скороморозильные аппараты для предварительной заморозки продуктов.

Вакуумная сушка позволяет избежать перечисленные недостатки. При вакуумной сушке продолжительность процесса сокращается, используется относительно простое и дешевое аппаратное оформление процесса, в результате чего происходит уменьшение удельных затрат на удаление влаги. Однако исследований этого способа для сушки пищевых продуктов в настоящее время проводится недостаточно. Изучению вакуумной сушки творога не уделялось должного внимания, вследствие чего эта задача является актуальной и перспективной.

В связи с отсутствием технологий производства сухого творога способом вакуумной сушки и востребованностью сухих продуктов с низкой себестоимостью необходимо развивать инновационные подходы к получению таких продуктов. Сухие продукты должны иметь высокие качественные показатели, длительные сроки хранения и минимальную стоимость. Данным достаточно противоречивым требованиям удовлетворяет технология вакуумной сушки.

Проект направлен на разработку моделей, алгоритмов, а также высокоэффективной конкурентоспособной и коммерциализуемой технологии отечественных сухих молочно-белковых продуктов, которые обеспечат результаты мирового уровня, обладающие впоследствии потенциалом коммерческого использования на территории как Российской Федерации, так и в мире.

По основным показателям (назначению, безопасности, надежности, экологическим, эксплуатационным, финансово-экономическим, ресурсосбережению), обуславливающим конкурентные позиции, разрабатываемая продукция будет превышать отечественные аналоги и будет сопоставима с лучшими мировыми. Коммерциализация разрабатываемой в ходе выполнения проекта технологии обеспечит лидирующую роль отечественных производителей в удовлетворении внутреннего платежеспособного спроса на сухие молочно-белковые продукты, предназначенные для улучшения питания всех возрастных групп, снабжения армии, флота, спецконтингента и т.д., а также для закладки на длительное хранение (Госрезерв), использование в качестве добавки к другим продуктам; кроме того обеспечит импортозамещение и расширение экспортных возможностей.

Новизна разрабатываемой технологии подтверждена:

Патент № 2357421 Российская Федерация, МПК А 23 С 1/00. Способ вакуумной сушки творога / А.Ю. Просеков, В.А. Ермолаев, Р.И. Захаров,

Н.С. Величкович; Заявитель ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № 2007142048/13; Заявл. 13.11.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 16.

Основными потребителями научного результата, полученного в ходе выполнения данного проекта, являются люди всех возрастных групп, армия, флот, люди, работающие в экстремальных условиях, государственные организации обеспечивающие обороноспособность страны (Госрезерв), предприятия пищевой промышленности, которые могут использовать сухие молочно-белковые продукты в качестве добавки к другим продуктам.

Основным конкурентом и, пожалуй, единственным является фирма «Гала-Гала». Данная фирма специализируется на производстве сухих продуктов методом сублимационной сушки. Сравнительная стоимость сухих молочно-белковых продуктов представлена в таблице.

Таблица

Сравнительная стоимость сухих молочно-белковых продуктов

Наименование продукции «ГАЛА-ГАЛА»	Вес упаковки, г	Цена за упаковку (руб.)	Цена за 1 кг (руб.)
Творог сублимированный 30% жирности	150	150,00	1000,00
Наименование продукции, полученной способом вакуумной сушки			
Творог 30 % жирности	100	30	300
Творог 10 % жирности	100	30	300

Как известно, основным недостатком сублимированных продуктов для потребителя является их высокая стоимость (в 2-3 раза выше, чем продуктов вакуумной сушки). Конкурентоспособность нашей продукции заключается в том, что сухой творог будет уникальным – иметь высокие качественные показатели, длительные сроки годности и низкую стоимость. Стоимость сухого творога в сети розничной торговли в зависимости от исходного сырья будет составлять (250-400 руб. за кг). Наша продукция характеризуется тем, что она имеет универсальное применение, сухие продукты могут употребляться без восстановления и с восстановлением, а также использоваться в качестве добавок.

Наша продукция будет обладать следующими свойствами, выгодно отличающими ее от продукции остальных производителей: 1) будет иметь высокие качественные показатели; 2) длительные сроки хранения; 3) стоимость.

Накопленный экспериментально-теоретический опыт научной деятельности коллектива дает основание полагать, что существует незначительная доля риска при выполнении данного проекта.

К основным препятствиям в реализации проекта можно отнести:

- технологические вопросы, которые должны быть в целом решены уже в первый год реализации, причем при относительно небольших затратах. Отрицательный результат здесь еще возможен, но уже имеются предварительные лабораторные испытания по определению рациональных режимных и технологических параметров вакуумной сушки творога;
- период перехода от опытного образца к промышленному производству, требующий значительных денежных затрат;
- организационные вопросы, которые включают как отсутствие у команды, предлагающей проект, опыта таких широкомасштабных мероприятий, так и необходимость постепенного выхода за пределы России, что сопряжено с обязательной сертификацией и затормозит расширение рынка.

Этапы реализации проекта по годам, включающие в себя:

Первый год:

- масштабирование разработанной технологии до пилотного уровня;
- изготовление опытного образца (опытной партии);

Второй год:

- проведение предварительных и приемочных испытаний опытного образца;
- сертификация продукции.

Третий год:

- проведение маркетинговых работ на внутреннем рынке;
- проведение рекламной кампании;
- серийный выпуск сухих сыров и творога;
- организация сбыта разработанной продукции.

Разработанная технология будет востребована и внедрена на производственных мощностях предприятий, которые по средствам государственных закупок и/или привлекая собственные каналы реализации формируют приемлемый порядок заказа и доставки продукции, механизм оплаты, процедуру возврата продукции, обеспечивая гарантийный срок и имеющиеся договоренности о реализации объектов для возможной коммерциализации.

Использование новой высокоэффективной технологии вакуумной сушки для получения сухого творога, а также близкое расположение поставщиков необходимого сырья позволят сделать нашу продукцию кон-

курентоспособной по сравнению с аналогичной продукцией, как зарубежного, так и отечественного производства.

Незнание марки покупателем, отсутствие узнаваемости, отсутствие имиджа являются слабыми сторонами данного бизнеса. Тем не менее, в этом заключен также и потенциал – привлечение покупателей за счет массовой рекламы. Для достижения этой цели планируются следующие рекламные мероприятия: производство рекламного аудиоролика для проката на радио; производство рекламного видеоролика для проката на телевидении; реклама в газетах; рекламные щиты на главных магистралях городов. Для дополнительного привлечения покупателей планируется проведение лотерей, купоны которой будут находиться в упаковках сухого творога.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ КОАГУЛЯЦИИ НА ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА СОКОЛА

И.С. Ефимова

*Научный руководитель С.М. Чудновский, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Город Сокол с населением 40 тысяч человек снабжается водой из реки Сухоны. Воды в реке Сухоне относятся к категории маломутных и высокоцветных. Для таких вод основным технологическим процессом обесцвечивания традиционно является процесс коагуляции. Процесс коагуляции заключается в укрупнении и последующем осаждении частиц взвеси при дозировании в воду раствора коагулянта.

Каждая частица взвеси в воде представляет собой мицеллу, состоящую из 3 составляющих: ядра, адсорбционного и диффузного слоев. Мицелла в воде находится в постоянном хаотическом (Броуновском) движении. В процессе этого движения часть ионов диффузного слоя теряется, поэтому между диффузным и адсорбционным слоями возникает разность потенциалов, называемая дзета-потенциалом, который обуславливает электрокинетический заряд мицеллы.

В одном объеме воды у всех частиц взвеси заряд одноименный и имеет одну и ту же величину.

Чем больше заряд частиц, тем больше сила отталкивания между ними. Введение раствора коагулянта производится для того, чтобы снизить

дзета-потенциал (уменьшить агрегативную устойчивость частиц), т.е. с раствором коагулянта вводятся в воду недостающие ионы из диффузного слоя. Это способствует сближению частиц друг с другом и последующему слипанию за счет сил межмолекулярного притяжения.

Таким образом, коагуляцию проводят для того, чтобы уменьшить дзета-потенциал.

Основной проблемой при подготовке воды на очистных сооружениях г. Сокола, а также г. Вологды и многих других российских городов, является плохое протекание процесса коагуляции. В результате надежность процессов осветления и обесцвечивания воды низкая. Кроме того, при неудовлетворительном протекании процесса коагуляции в очищенной воде содержится значительное количество остаточного коагулянта (ионы коагулянта), который токсичен. Основными причинами указанных выше недостатков являются:

1. Несовершенство применяемых на водоочистных сооружениях способов дозирования реагентов для коагуляции;
2. Отсутствие возможности оперативно контролировать и управлять процессом коагуляции.

Для подготовки питьевой воды в г. Соколе имеется блок очистных сооружений производительностью $36500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Схема этого блока приведена на рис. 1.

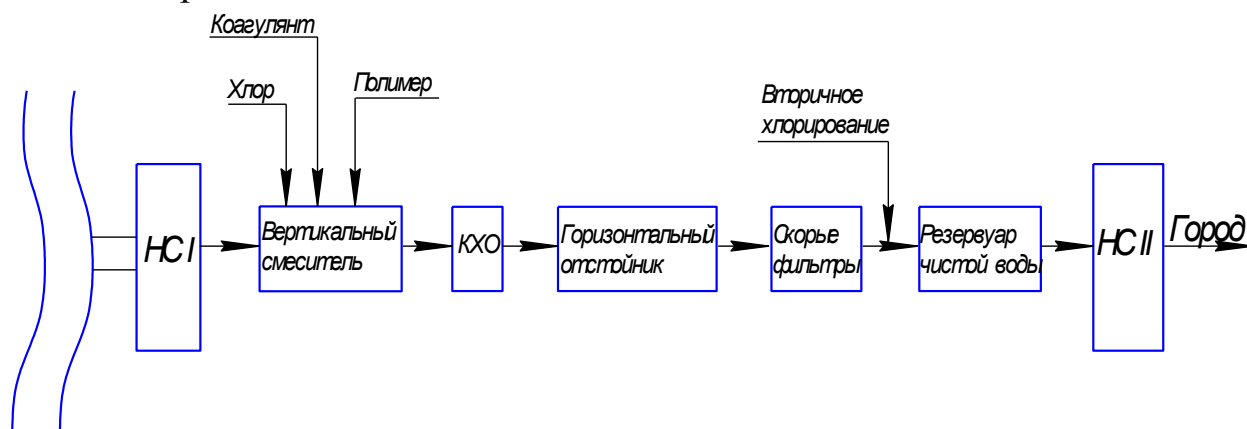


Рис. 1. Схема блока ВОС г. Сокола

По этой схеме сначала артезианские насосы качают воду на насосную станцию 1-го подъема. Далее вода поступает в вертикальный смеситель, где она смешивается с коагулянт (сульфат алюминия). Затем поступает в горизонтальные отстойники, перед которыми вводится флокулянт (полимер). После этого вода идет на скорые фильтры, а далее в резервуары чистой воды. Оттуда через насосную станцию 2-го подъема вода поступает в город.

Для определения требуемой дозы коагулянта на очистных сооружениях г. Сокола применяется способ пробного коагулирования. Этот способ осуществляется в лабораторных условиях путем визуального наблюдения за процессами образования хлопьев в стеклянных цилиндрах с исходной водой, в которые добавляются различные дозы коагулянта. При этом фиксируются различные стадии процесса коагуляции (помутнение, образование мелких хлопьев, крупных хлопьев, начало осаждения). Данный способ является продолжительным, трудоемким и неточным, так как не учитываются реальные условия непосредственно в сооружениях (температура воды, скорости ее движения в объемах сооружений, равномерность распределения раствора коагулянта по объему обрабатываемой воды и другие).

На очистных сооружениях г. Сокола выполняется следующий график контроля качества обрабатываемой воды по показателям мутности и цветности:

- а) на отстойниках – каждые 2 часа (цветность);
- б) на фильтрах – каждые 2 часа (цветность);
- в) на НС-II подъема:
 - мутность – 1 раз в сутки,
 - цветность – каждые 2 часа,
 - остаточный алюминий – утром и вечером.

При таком контроле невозможно следить за ходом процесса коагуляции и осаждения коагулированной взвеси в режиме реального времени. Следовательно, методики определения дозы коагулянта и контроля процесса коагуляции являются недостаточно надежными.

В ВоГТУ разработан новый способ гибкого управления процессом коагуляции в режиме реального времени.

Этот способ заключается в следующем:

1. Первоначальная доза коагулянта для пробы исходной воды, поступающей в смеситель, определяется путем экспресс-контроля электрокинетических показателей взвеси и корректируется в зависимости от изменения ее агрегативной устойчивости.

2. Регулирование основных стадий процесса коагуляции – уменьшение агрегативной устойчивости взвеси и последующей флокуляции производится в режиме реального времени на основе седиментационных экспресс-анализов путем определения гидравлической крупности взвеси в процессе образования хлопьев.

Данная технология в полной мере соответствует современной теории коагуляции ДФЛО. Она обеспечивает требуемую точность определения оптимальной дозы коагулянта, что способствует повышению на-

дежности очистки воды коагуляцией и уменьшению содержания остаточных реагентов в очищенной воде.

Таким образом, регулирование основных стадий процесса коагуляции в режиме реального времени за счет проведения измерений в отношении одних и тех же объемов воды, передвигающихся по сооружениям, позволяет корректировать ход процесса на всех этапах его осуществления.

Данная технология может быть реализована в автоматическом режиме, так как все измеряемые параметры определяются в виде электрических величин [1, 2].

Нами разработана схема расположения измерительных устройств, которые должны обеспечить регулирование процессов коагуляции в режиме реального времени на ВОС г. Сокола (рис. 2).

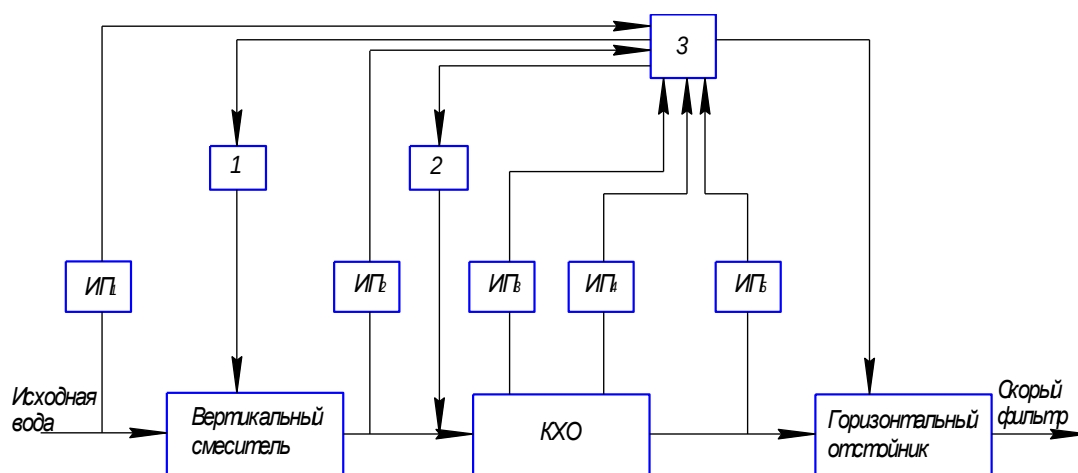


Рис. 2. Схема расположения измерительных устройств на ВОС г. Сокола
1 – дозатор коагулянта; 2 – дозатор флокулянта; 3 – блок управления;
4 – ИП₁, ИП₂, ИП₃, ИП₄, ИП₅ – измерительные автоматические устройства.

Литература

1. А.с. 1383190 СССР, МКИ G 01 №27/26. Способ определения электрофоретической подвижности дисперсных частиц суспензии / С.М. Чудновский (СССР). - №3984696/31 – 25; заявл. 28.10.83; опубл. 23.03.88, Бюл. №11. – 4 с.
2. Чудновский С.М. Способ седиментационного анализа дисперсных систем: А.с. 1363020 СССР, МКИ G 01 №15/14 – 4 с. Опубл. 30.12.87. Бюл. №8.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АКТИВНОГО ИЛА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ Г. ВОЛОГДЫ

А.С. Ивановская

Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Работа блока биологической очистки сточных вод невозможна без эффективного разделения иловой смеси во вторичных отстойниках.

Работа илоразделительных устройств зависит от технологических параметров блока биологической очистки (иловый индекс, доза ила, концентрация растворенного кислорода и др.). Их отклонение от рекомендуемых значений влечет за собой нарушение нормального функционирования сооружений разделения ила и значительный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников.

Вынос активного ила из вторичных отстойников приводит к ухудшению качества очищенных сточных вод, повышению влажности утилизируемого осадка, а также отрицательно влияет на сам процесс биологической очистки.

Оптимизация работы вторичных отстойников обеспечивает экологическую безопасность водоема и снижает экономические затраты на обработку осадка сточных вод.

Одной из возможных причин избыточного выноса активного ила может являться нарушение флокуляционных и седиментационных свойств ила. В связи с этим данные исследования направлены на изучение кинетики осаждения активного ила на очистных сооружениях канализации (ОСК) г. Вологды и поиск путей оптимизации работы блока биологической очистки.

Блок биологической очистки сточных вод на ОСК г. Вологды состоит из аэротенков и вторичных отстойников.

Аэротенки представляют собой 3-коридорные аэротенки-смесители, первый коридор которых выполняет функции регенератора, куда подается возвратный активный ил, два других – непосредственно аэротенки, в которые подается осветленная сточная вода для биологической очистки.

Иловая смесь, образовавшаяся в процессе биологической очистки, направляется во вторичные отстойники для последующего разделения под действием гравитационных сил. Циркуляционный активный ил, составляющий 96 % от всего отделенного ила, отправляется обратно в аэротенки, а избыточный активный ил (оставшиеся 4%) – на обработку в

илоуплотнители. Балансовая схема блока биологической очистки по осредненным фактическим данным технологического мониторинга ОСК г. Вологды за 2008 год представлена на рис. 1.

Для разделения иловой смеси на ОСК г. Вологды используется 6 вторичных радиальных отстойников.

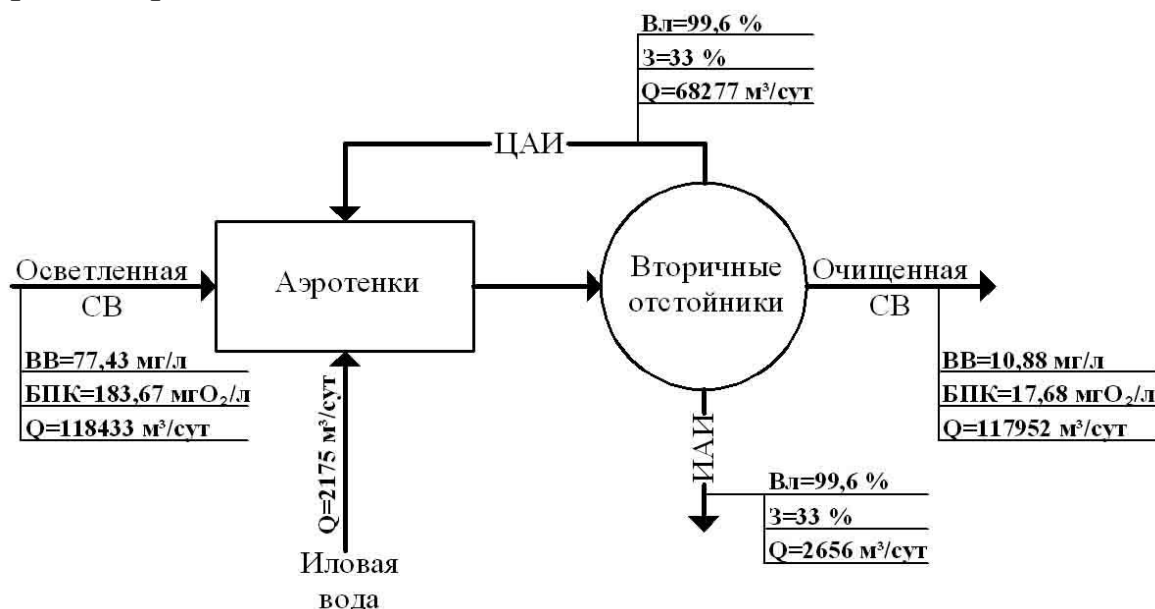


Рис. 1. Балансовая схема блока биологической очистки сточных вод

Анализ работы вторичных отстойников проведен по данным за 2008 год, взятым в лаборатории ОСК г. Вологды. Анализировались концентрации загрязняющих веществ (взвешенные вещества, биохимическая потребность в кислороде (БПК)) в сточных водах до и после блока биологической очистки, а также параметры работы аэротенков и вторичных отстойников (доза ила, иловый индекс, нагрузка на ил, влажность осадка).

Для изучения выбраны данные по активному илу из аэротенков и возвратному илу, который перекачивается из вторичных отстойников.

Сравнительный анализ технических характеристик вторичных отстойников представлен в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика вторичных отстойников

Параметры вторичных отстойников	Низкая нагрузка	Нормальная нагрузка	Высокая нагрузка	ОСК г. Вологда
1. Гидравлическая нагрузка на единицу площади, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$	8	16	25	28
2. Гидравлическая нагрузка на водослив, $\text{м}^3/\text{м} \cdot \text{сут}$	100	150	200	208,7
3. Продолжительность отстаивания, мин	60	30	20	88

Из табл. 1 видно, что вторичные отстойники Вологодских ОСК относятся к категории высоконагружаемых отстойников. Нагрузка на отстойники превышает регламентированные значения, что снижает их эффективность. В то же время продолжительность отстаивания относится к низкой степени нагрузки, что в совокупности с вышесказанным свидетельствует о несовершенной системе сбора очищенных сточных вод.

Динамика по дозе ила по сухому веществу и по иловому индексу приведена на рис. 2 и 3.

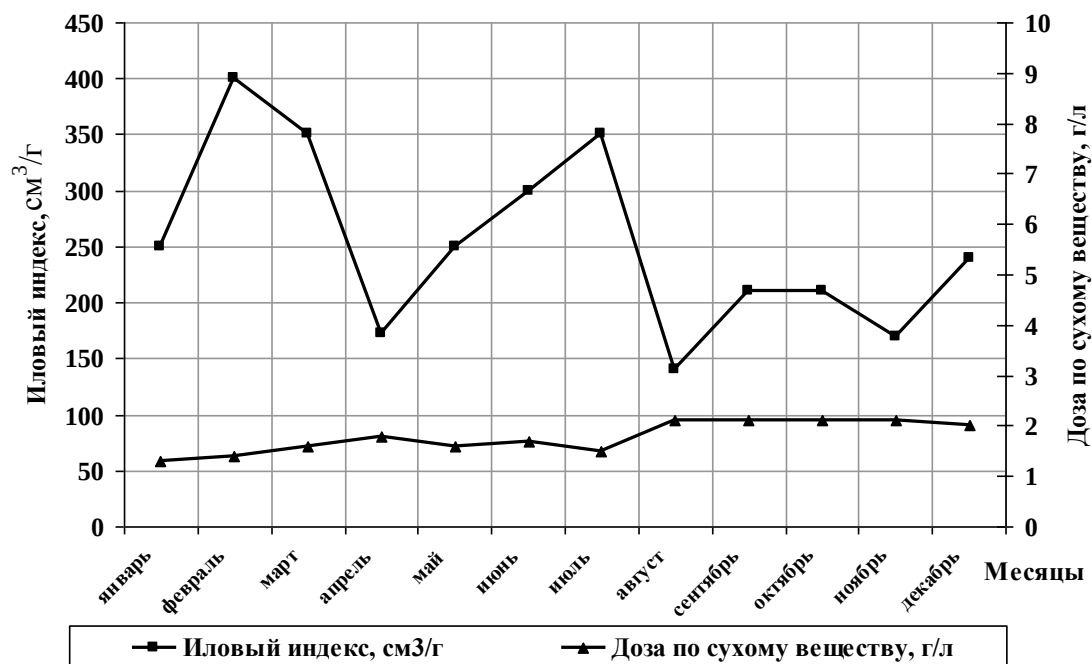


Рис. 2. Значения илового индекса и дозы по сухому веществу в аэротенке

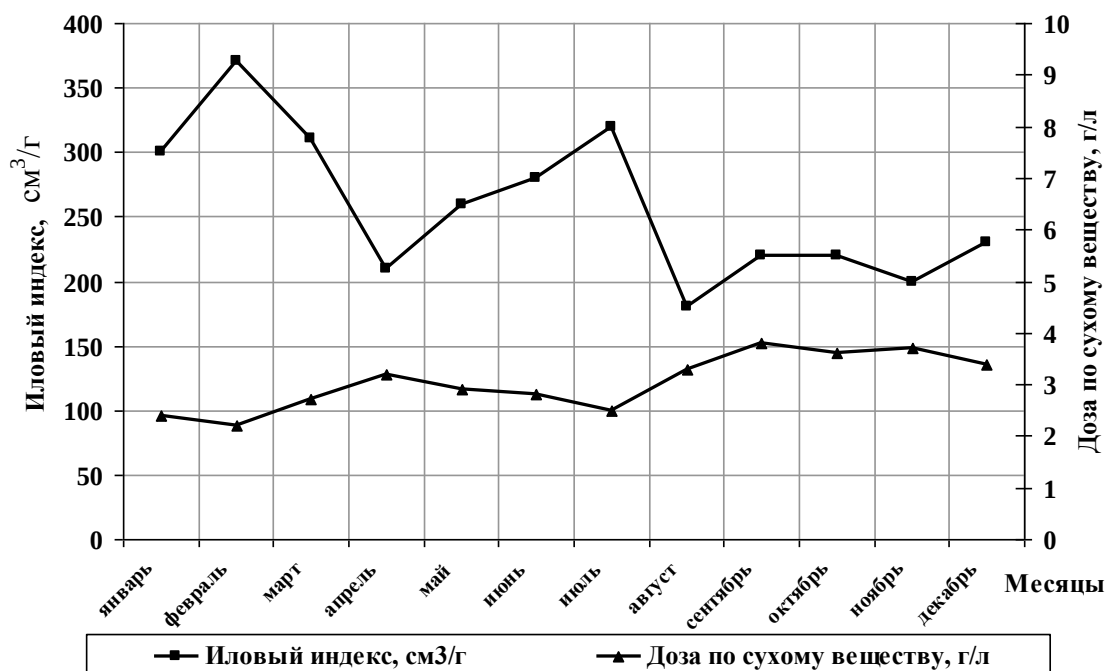


Рис. 3. Значения илового индекса и дозы по сухому веществу возвратного активного ила

Согласно [1] для нормальной работы сооружений значение илового индекса должно находиться в пределах от 60–90 до 120–150 см³/г. На вологодских ОСК среднегодовое значение илового индекса активного ила в аэротенках 250 см³/г, при том что периодически иловый индекс бывает более 300 см³/г, а в отдельных случаях и 400 см³/г. Такие повышенные значения приводят к вспуханию ила и затрудняют процесс илоразделения в дополнение к гидравлической перегрузке вторичных отстойников.

Доза ила по сухому веществу в аэротенках низкая, в среднем за 2008 год составляет 1,8 г/л.

Нагрузка на ил по величине изъятых органических веществ по БПК, приведенная в табл. 2, за 2008 год определена согласно [1].

Таблица 2

Нагрузка на ил по БПК за 2008 год

Месяц	Доза ила, г/л	БПКполн, мг О ₂ /л		Нагрузка на ил, мг/(г*сут)
		вход	выход	
Январь	1,3	247,69	17,92	1 688,3
Февраль	1,4	276,56	18,31	1 762,0
Март	1,6	145,46	12,32	794,9
Апрель	1,8	162,38	15,84	777,7
Май	1,6	210,19	19,95	1 135,8
Июнь	1,7	182,08	19,06	916,0
Июль	1,5	179,55	18,33	1 026,7
Август	2,1	107,40	13,80	425,8
Сентябрь	2,1	153,59	18,53	614,4
Октябрь	2,1	162,87	17,88	659,5
Ноябрь	2,1	152,59	19,29	606,4
Декабрь	2	164,52	16,20	708,4
Среднее	1,8	178,7	17,3	926,3

Анализ данных табл. 2 показал, что нагрузки на ил очень высокие из-за низких доз ила в аэротенке и периодически больших концентраций БПК, поступающей в аэротенки воды.

Возвратный активный ил отличается высокой влажностью 99,2-99,7% [2], влажность ила на ОСК г. Вологды составляет 99,6-99,7% в течение 2008 года. Доза растворенного кислорода в нем составляет в среднем 2,04 г/л, что удовлетворяет нормальной работе вторичных отстойников [3].

Контролировать нагрузки по взвешенным веществам на вторичные отстойники необходимо не только по значениям дозы возвратного ила, но и по концентрации активного ила в поступающих в них сточных водах. Оптимально, если доза ила в выходящей из аэротенка воде составляет не более 1,5-2,0 г/л. Тогда вынос взвешенных веществ из вторичного отстойника составит от 5 до 10 мг/л при прочих благоприятных условиях [3].

Среднегодовое значение по ВВ в очищенной сточной воде 10,88 мг/л, что немного превышает рекомендуемые значения. Визуальный анализ отводимой очищенной воды и работы вторичных отстойников показал, что мелкие хлопья активного ила выносятся с очищенной водой постоянно. Причиной является как несоответствие некоторых технологических параметров вторичных отстойников (высокие значения илового индекса), так и седиментационные характеристики ила.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости более детального изучения седиментационных свойств активного ила и поиска возможностей интенсификации процесса разделения иловой смеси.

На данном этапе исследования седиментационные свойства активного ила оценивались по скорости оседания активного ила. Для этого проводился следующий эксперимент. В цилиндр объемом 1000 мл вносили тщательно перемешанную иловую смесь, отстаивали и через определенные промежутки времени отмечали занимаемый илом объем в миллилитрах. По полученным данным были построены кривые кинетики снижения границы раздела фаз ила и воды (кривые Кинша), приведенные на рис. 4.

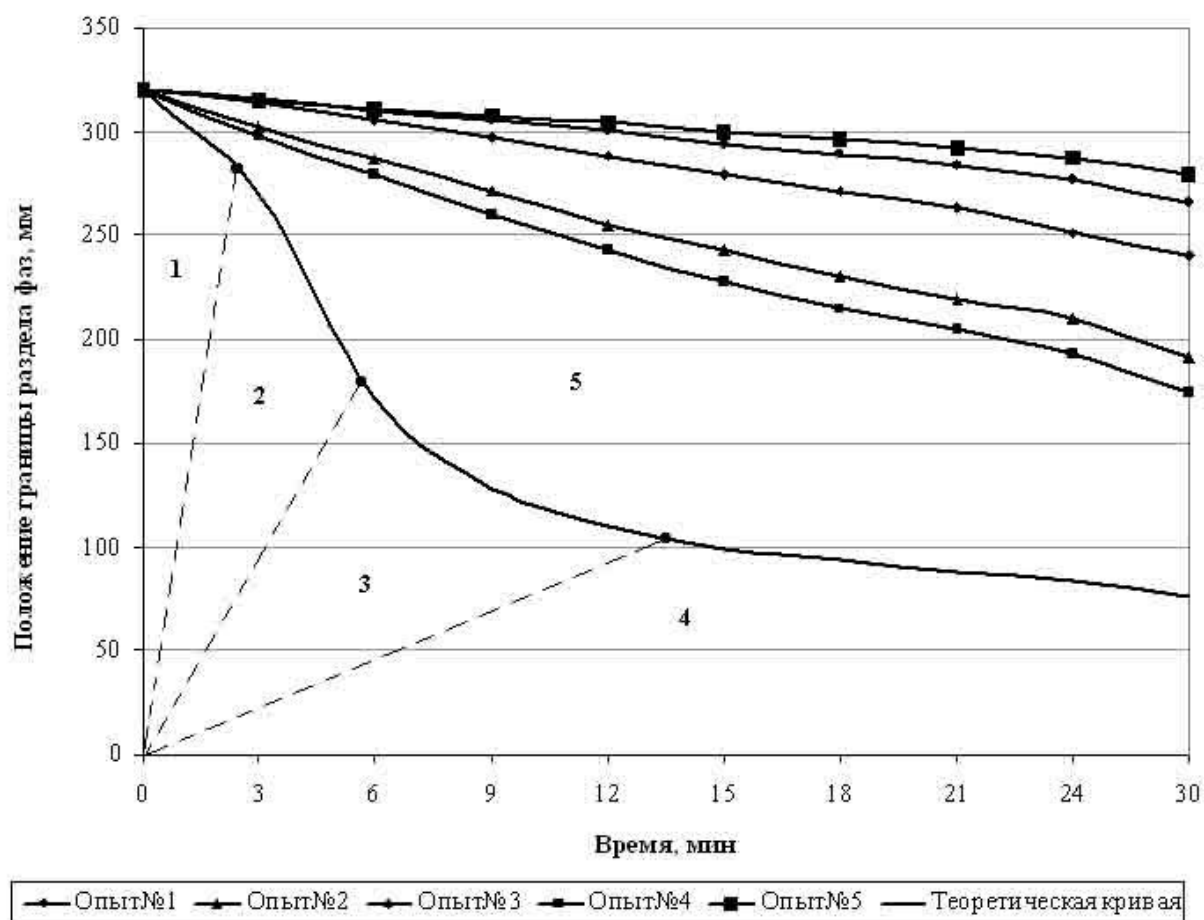


Рис. 4. Кривые Кинша

Согласно [2] анализ кривой Кинша позволяет выделить следующие основные стадии процесса гравитационного разделения иловых смесей:

1 – флокуляция хлопков активного ила с образованием хлопьев и видимой границы раздела фаз;

2 – зонное осаждение хлопьев активного ила с постоянной скоростью, зависящей от начальной концентрации активного ила в иловой смеси и величины илового индекса;

3 – переходная стадия от зонного осаждения к уплотнению осевшего ила;

4 – стадия уплотнения осевшего ила за счет сжатия хлопьев активного ила под воздействием лежащих выше слоев;

5 – стадия осветления надильовой воды, при которой полидисперсные иловые частицы агломерируются под воздействием собственного скоростного градиента и турбулентной диффузии.

Анализ кривых Кинша, построенных по экспериментальным данным изучения иловой смеси ОСК г. Вологды, позволяет заметить отсутствие фаз 2 и 3. Это свидетельствует о плохой способности к осаждению активного ила Вологодских канализационных очистных сооружений.

В результате проведенных исследований проанализирована имеющаяся информация об активном иле ОСК г. Вологды и выявлена необходимость более детального изучения его седиментационных свойств. Для этого проведены опыты по изучению кинетики и формирования процесса раздела фаз при разделении иловой смеси после биологической очистки воды и построены теоретическая и эмпирические кривые Кинша.

Анализ кривых Кинша показал несоответствие в динамике процессов во вторичных отстойниках ОСК г. Вологды требуемым технологическим нормам для эффективного осаждения активного ила. Необходимо детальное изучение активного ила и нахождение причин, негативно влияющих на его седиментационные свойства.

Литература

1. Строительные нормы и правила: Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85 / Госстрой СССР. – Введ. 01.07.86. – М., 1986. – 56 с.
2. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
3. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

Г.В. Клементьева

Научный руководитель А.В. Зенков, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный технический университет

г. Вологда

Малые реки – наиболее распространенный вид водных объектов на Земле, большинство из них – верхние звенья и истоки крупных речных систем. Использование стока малых рек в целом ряде районов Российской Федерации является в настоящее время одним из важнейших направлений энергоснабжения в связи с трудностями доставки органического топлива и его дороговизной. Малые реки преобладают в гидрографической сети по числу и общей длине: из 3 млн. рек на территории бывшего СССР 2,9 млн. – малые

реки, 94 % длины речной сети России – малые водотоки. Их сток колеблется от 25 до 85 % и составляет в среднем около 50 % общего стока рек.

Строительство объектов малой энергетики на малых реках и ручьях имеет ряд экономических, экологических и социальных преимуществ. В условиях перестройки экономики создание МГЭС экономически целесообразно со следующих позиций:

1. Сооружение МГЭС не требует больших капиталовложений, что облегчает поиск инвесторов и является менее трудозатратным;

2. МГЭС быстрее строятся и окупаются, несмотря на то что стоимость 1 кВт установленной мощности на них выше, чем на средних и больших ГЭС;

3. Благодаря разработке типовых проектов и унифицированных деталей для строительства МГЭС их стоимость может быть значительно снижена, что, наряду с небольшими сроками создания и окупаемостью затрат (быстрым возвратом инвестиций), делает эти станции привлекательными для вложения капитала;

4. Отсутствие возможностей финансирования строительства МГЭС из федерального бюджета, простота и надежность конструкций, гибкость эксплуатации, малые затраты на обслуживание — все это позволяет считать возведение МГЭС задачей регионов и местных энергосистем, вопросы финансирования решать через потребителей и инвестиции на местах;

5. Положительным фактором строительства МГЭС является возможность поочередного возведения гидроузлов с постоянным по мере необходимости наращиванием регулирующей емкости, определяемой

водопотреблением на данном этапе экономического развития региона, и с соответствующим поэтапным распределением капитальных вложений;

6. Эксплуатация МГЭС экономит органическое топливо и не зависит от ситуации на рынке топлива, стоимость которого в России продолжает расти;

7. Строительство большого числа водохранилищ МГЭС, помимо выработки электроэнергии, поможет обеспечить водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов рек;

8. Создание МГЭС имеет ряд преимуществ по сравнению с более крупными гидроэнергетическими объектами. Они решают разные задачи и не исключают, а дополняют друг друга. Так, малая энергетика может развиваться и параллельно крупным ГЭС, особенно там, где передача энергии в труднодоступные, например горные, районы затруднена, где возможны аварии ЛЭП из-за схода лавин и т. д. Дополнение крупномасштабной гидроэнергетики малой повышает надежность электроснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек;

9. МГЭС могут работать и в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии[1].

Среди факторов, тормозящих гидроэнергетическое освоение малых рек, можно отметить, прежде всего, слабую изученность режима малых рек и влияния МГЭС на природную среду, неразработанность методики и поэтому затрудненность прогнозирования многих сторон их воздействия. Отсутствие материалов по режиму малых рек затрудняет разработку конкретных проектов и оценку степени обеспеченности водными ресурсами отдельных регионов.

На территории Вологодской области сейчас насчитывается порядка 150 гидротехнических сооружений, из них примерно пятая часть – бесхозны и находятся в неудовлетворительном состоянии. Из 150 гидротехнических сооружений Вологодской области напор 5 и более метров имеют только 30 сооружений.

Гидроузлы, находящиеся в полуразрушенном состоянии и не имеющие собственника, являются потенциально опасными как для населения, так и для окружающей природной среды. Так, например, при аварии на плотине на реке Поченьга Вологодского района Вологодской области, которая в настоящее время требует ремонта, могут быть затоплены до 1,7 км² территории. При этом возможно подтопление деревень Деревенька, Стрелково и Гончарка, расположенных ниже по течению от плотины гидроузла, а также частичное разрушение автодорожного моста на

автодороге «п. Заря – Кирилловское шоссе». Возможный материальный ущерб составит до 2 млн. рублей (в ценах 2000 г.).

То есть становится очевидным, что в настоящее время ситуация в области безопасности эксплуатации существующих гидроузлов близка к чрезвычайной и требует скорейшего решения.

В настоящее время в России практически исчерпаны все возможности гидроэнергетического строительства, кроме того, строительство крупных гидротехнических объектов ведет к негативным экологическим последствиям, а строительство малых и микро-ГЭС практически не приносит экологических ущербов. Кроме того, в настоящее время существенную государственную поддержку получили частные фермерские хозяйства, животноводческие комплексы, малые предприятия, что также определяет необходимость устройства автономных источников энергии. А в сравнении с другими автономными источниками энергии, такими как ветрогенераторы, дизельные генераторы, солнечные модули, стоимость электроэнергии, вырабатываемой микро-ГЭС, в несколько раз меньше. Данные факторы обуславливают необходимость гидроэнергетического использования существующих сельскохозяйственных и рекреационных гидроузлов.

Микро-ГЭС планируется установить на базе уже существующих гидроузлов, на которых сохранились некоторые сооружения, что, безусловно, упрощает строительство и снимает целый ряд задач, связанных с экологией.

В комплект микро-ГЭС поставки обычно входят: энергоблок, водозаборное устройство и устройство автоматического регулирования. Сегодня микро-ГЭС (малые ГЭС) получили уже распространение во многих странах мира. Они характеризуются большой часовой наработкой, значительными конструктивными запасами, высокой надежностью и не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала [3].

Проведение реконструкции существующих гидроузлов мелиоративного и рекреационного назначения также будет способствовать и развитию рыбного хозяйства, в котором в настоящее время существуют некоторые проблемы, связанные, прежде всего, с постепенным истощением естественных запасов рыбных ресурсов. При правильном подходе к использованию имеющихся водных ресурсов рыбные запасы могут быть существенно увеличены за счет искусственного рыборазведения и рыбоводства на базе существующих гидроузлов. Особенности их расположения дают возможность на базе существующих гидроузлов осуществлять не только рыборазведение, но и полный цикл выращивания товарной рыбы.

Проведение реконструкции также способствует и рекреационному освоению бассейнов малых рек, а при совместном с рыбным хозяйством использовании гидроузла принесет и неплохую прибыль от рекреационного использования. А учитывая недостаток территорий рекреационного назначения, вблизи крупных городов, обустройство бассейнов малых рек для этих целей необходимо. Но при этом необходимо учитывать некоторое негативное воздействие рекреационного использования бассейна малых рек на качество воды в водохранилище. Поэтому фактически на рассматриваемых гидроузлах могут применяться не все виды рекреационного использования.

При предложенном варианте комплексного использования при реконструкции на гидроузле не требуются значительные конструктивные изменения, что значительно облегчает создание водохозяйственного комплекса и снижает затраты на его создание. Кроме того, проведение реконструкции гидроузлов и комплексное использование имеющихся водных ресурсов позволит улучшить экологическую обстановку в нижнем бьефе гидроузла.

Таким образом, комплексный подход в использовании водных ресурсов при реконструкции гидроузла кроме решения проблемы безопасности эксплуатации существующих гидротехнических сооружений, позволяет также решить проблему эффективного освоения и развития территории бассейнов малых рек.

1. <http://www.intersolar.ru>
2. <http://www.bibliofond.ru>
3. <http://www.inset.ru>
4. Малая гидроэнергетика / под ред. Л.П. Михайлова. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЛОВОЙ СМЕСИ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АЭРОТЕНКА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ Г. ВОЛОГДЫ

А.А. Кулаков

*Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Интенсификация очистки городских сточных вод помогает снизить ущерб водным объектам.

Разделение иловой смеси является завершающим этапом очистки сточных вод, и от того насколько оно эффективно зависит качество всей технологической цепочки обработки стоков.

Сейчас повсеместно поднимается проблема нахождения эффективного режима разделения иловой смеси, образовавшейся в процессе биологической очистки. Ученые со всего мира разрабатывают оптимальные технологии биологической очистки сточных вод и разделения иловой смеси. Схемы обработки сточных вод в искусственных биологических условиях используются повсюду, обработка стоков осуществляется в попеременных анаэробных и аэробных условиях, что дает максимальный эффект извлечения биогенных элементов [2, 3]. Среди современных способов разделения иловой смеси стоит отметить применение блоков тонкослойного отстаивания [6], а также использование мембранных технологий.

Данные исследования проводятся с целью поиска новых технических и технологических решений для интенсификации работы блока биологической очистки сточных вод и повышения качества разделения иловой смеси на очистных сооружениях канализации (ОСК) г. Вологды.

Существующая технология очистки сточных вод на ОСК г. Вологды представляет собой механическую и полную биологическую очистку в аэротенках-смесителях с разделением иловой смеси в радиальных вторичных отстойниках. С момента запуска в работу второй очереди в 1989 году, непосредственно включающей пятую секцию аэротенков и два вторичных отстойника, изменений технологии обработки именно сточных вод не происходило (технология обработки осадка сточных вод модернизирована в 1997 г., введен в эксплуатацию цех механического обезвоживания).

В рамках данной работы проведен анализ работы ОСК за период с 2006 по 2008 годы по показателям загрязнений сточных вод и технологическим параметрам работы. Обобщенные данные приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что по ряду показателей (БПК, аммоний ион, нитрит ион, фосфаты и др.) очищенная сточная вода не соответствует предъявляемым к ней требованиям и превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные для водоемов рыбохозяйственной категории водопользования, к которым относится р. Вологда и впадающий в нее водоприемник сточных вод р. Делевка.

Таблица 1

Показатели качества очищенной сточной воды и их сравнение с ПДК для водоемов рыбохозяйственной категории водопользования

Показатели загрязнения	Очищенная СВ	ПДК рыб/хоз
рН	7,44	6,5-8,5
ВВ, мг/л	10,73	не более чем 0,25 к ест. фону
ХПК, мг/л	68,92	15
БПК _{полн.} , мгО ₂ /л	17,40	3
Аммоний ион, мг/л	9,68	0,5
Нитрат ион, мг/л	26,27	40
Нитрит ион, мг/л	1,31	0,08
Фосфаты по Р, мг/л	3,03	0,2
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,05
Хлориды, мг/л	70,73	300
Сульфаты, мг/л	103,31	100
Растворенный кислород, мг/л	6,33	не менее 4

Износ сооружений достаточно высок, а технология биологической очистки морально устарела по сравнению с современными технологиями. Аэротенки-смесители лишь с зоной нитрификации не способны в достаточной мере извлечь из сточной воды все соединения биогенных веществ.

Проанализировав значения илового индекса, можно сделать вывод о его несоответствии оптимальным значениям, которые колеблются в пределах от 60–90 до 120–150 см³/г. Его значения в среднем изменяются в пределах от 150 до 450 см³/г, среднее значение за анализируемый период – 270 см³/г, минимальное – 140 см³/г, максимальное – 510 см³/г. Этот показатель характеризует седиментационную способность активного ила, превышение оптимальных значений приводит к вспуханию активного ила, что негативно сказывается на процессе осаждения.

В целом анализ ОСК говорит о необходимости модернизации технологии биологической очистки сточных вод.

Анализ существующих ОСК г. Вологды позволяет сформулировать направления для интенсификации их работы:

- поиск наиболее эффективной и в то же время применимой технологии глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов;
- поиск оптимального метода разделения иловой смеси.

Проведенные литературный и патентный поиски позволили разработать технологию биологической очистки сточных вод с последующим разделением иловой смеси для ее последующего внедрения на ОСК г. Вологды.

Технология включает двухстадийную анаэробно-аэробную биологическую обработку сточной воды в искусственных условиях с последующим разделением иловой смеси с применением новых современных ило-разделительных устройств.

Для более детального изучения разработанной технологии было принято решение о создании гидравлической модели аэротенка.

Модель для экспериментальных исследований сконструирована по принципу динамического подобия [4, 5]. Для получения на модели гидравлического режима сооружения в натуре недостаточно повторить его геометрические размеры, необходимо также воспроизвести движение жидкости, динамику потока и силы, действующие на жидкость на модели и в натуре.

В случае моделирования безнапорных турбулентных потоков (к которым можно отнести поток аэрированной жидкости в коридорах аэротенка), отвечающих квадратичной области сопротивления, исходят из числа Фруда.

Исходя из этого, для проведения экспериментов была рассчитана конструкция гидравлической модели секции аэротенка в масштабе 1:15. Согласно динамическому подобию по числу Фруда, определены скорости движения сточной воды, расходы сточной воды, циркуляционного активного ила и воздуха, необходимого для протекания требуемой биологической очистки, а также определены геометрические размеры модели.

При конструировании модели использовались результаты анализа работы ОСК г. Вологды. В процессе моделирования использовались реальные сточные воды и активный ил ОСК. Для подачи сточной воды и активного ила рассчитаны и подобраны эрлифты.

Разработанная конструкция может работать в различных технологических режимах, что обеспечивается за счет системы аэрации, способной

создавать как аэробные, так и анаэробные условия для очистки сточных вод. Характеристики модельной установки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика модельной установки аэротенка

Масштаб модели	1/15
Количество коридоров, шт.	3
Длина коридора, м	5,6
Ширина коридора, м	0,4
Глубина коридора, м	0,4
Расход сточных вод, л/с	0,31
Расход ЦАИ, л/с	0,19
Удельный расход воздуха, м ³ воздуха /м ³ воды	2,85

Разработанная модельная установка изготовлена из металла на территории очистных сооружений и смонтирована на площадке для проведения экспериментов параллельно пятой секции блока биологической очистки с целью ее последующего запуска в работу совместно с МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал».

Для запуска в работу установку подключили к коммуникациям действующего сооружения и обеспечили надлежащую подачу сточной воды, активного ила и воздуха. После осуществлен ее запуск в работу и достигнут выход на рабочий режим, соответствующий реальным сооружениям.

При анализе соответствия работы модельной установки реальному сооружению оценивались следующие технологические параметры ее работы:

- 1) доза ила по объему и по сухому веществу;
- 2) иловый индекс;
- 3) растворенный кислород;
- 4) количество подаваемого воздуха;
- 5) расход подаваемых сточных вод;
- 6) расход подаваемого активного ила.

Помимо сопоставления технологических параметров работы сравнивались очищенные сточные воды на модельной установке и на реальном сооружении по следующих показателям:

- 1) взвешенные вещества;
- 2) биохимическая потребность в кислороде (БПК);
- 3) аммоний ион;
- 4) нитрит ион;
- 5) нитрат ион;
- 6) фосфаты по фосфору.

В процессе проведения экспериментов в результате пуско-наладочных работ с корректировками технологических параметров работы модели получено необходимое подобие как по эффектам очистки воды, так и по технологическим характеристикам сооружения. Можно утверждать, что полученный процесс очистки сточных вод на модели полностью подобен действующему аэротенку, достигнуто технологическое подобие.

Вслед за достижением подобия проведены изменения технологических параметров, соответствующих реальным сооружениям, на параметры, определенные расчетами. Данное изменение дало положительный эффект в виде повышения степени очистки по органическим и биогенным веществам.

Сравнение результатов показателей очищенной сточной воды на модельной установке и в реальных аэротенках приведено в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследований на модели и натуре

Показатели загрязнения	Сточная вода до аэротенка	Очищенная сточная вода	
		Натура (после вторичных отстойников)	Модель (после аэротенков)
ВВ, мг/л	174,40	8,07	6,80
БПК _{полн} , мгО ₂ /л	174,63	16,89	9,04
Аммоний ион, мг/л	35,48	7,67	2,16
Нитрат ион, мг/л	0,50	18,00	56,30
Нитрит ион, мг/л	0,16	0,61	0,81
Фосфаты по Р, мг/л	3,70	3,63	3,20

Из табл. 3 видно, что на разработанной модельной установке с ило-разделительными устройствами после корректировки технологических параметров (интенсивность аэрации, концентрация растворенного кислорода) удалось добиться снижения концентрации загрязненных веществ в очищенной воде.

На данном этапе экспериментов получены следующие результаты:

- проведен литературно-патентный поиск и разработана новая технология биологической очистки сточных вод с разделением иловой смеси;
- рассчитана и создана модельная установка аэротенка для изучения биологической очистки и процессов разделения иловой смеси;
- проведены эксперименты и получено технологическое подобие модельной установки реальному сооружению;
- на модели достигнуто повышение эффективности очистки сточных вод по аммонийному азоту и по органическим веществам;

- доказана возможность биологической очистки с разделением иловой смеси в одном сооружении, получены положительные результаты по осветлению биологически очищенной воды на новых илоразделительных устройствах.

Дальнейшие исследования на модели направлены на изучение применимости анаэробно-аэробных условий очистки сточных вод ОСК г. Вологды и разработку оптимальной конструкции илоразделительного устройства.

Литература

1. Гидравлическая модель аэротенка-отстойника для изучения процесса разделения иловой смеси на ОСК г. Вологды / А.А. Кулаков, Е.А. Лебедева // Материалы четвертых академических чтений, проведенных в ПГУПСе – СПб.: ОМ-Пресс, 2009. – С. 122-125.
2. Очистка сточных вод: Пер. с англ. / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. – М.: Мир, 2004. – 480 с.
3. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
4. Чугаев, Р. Р. Гидравлика: учебник для вузов / Р.Р. Чугаев. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 672 с.
5. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
6. Трехстадийная технология биологической очистки городских сточных вод / Н.И. Куликов, Д.Н. Куликов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 11. – С. 61–64.

НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЫРОГО МОЛОКА

О.В. Мудрикова, Л.С. Солдатова, О.О. Бабич

*Научный руководитель А.Ю. Просеков, д-р техн. наук, профессор
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
г. Кемерово*

Производство молочных продуктов, все более разнообразных и сложных по составу, в современных условиях особенно подвержено влиянию состава используемого сырья на качество готового продукта. Действующая отечественная нормативная база содержит некоторое

количество документов, позволяющих проводить экспертизу качества сырья по отдельным показателям. Но, к сожалению, этот перечень далеко не полный.

В последние годы на рынке молочного сырья появилось значительное количество так называемых фальсификаций, добавок, снижающих его стоимость или скрывающих низкое качество. Видов подобной фальсификации, не так много, как принято считать: добавление сухого или восстановленного молока, добавление пахты, замена молочного жира на растительный, раскисление, использование ингибиторов (в летнее время). Однако, добавка сухого или восстановленного молока – это наиболее сложный для аналитического контроля случай [1].

В результате теплового воздействия, которому подвергается молоко в ходе технологических операций (подогрева, пастеризации, сгущения, сушки), фракционный состав белков, особенно сывороточных, изменяется. Так, в β – лактоглобулине имеется свободная сульфгидрильная группа, которая располагается внутри свернутой полипептидной цепи, в результате тепловой денатурации белка она «обнажается», что способствует самассоциации β – лактоглобулина с образованием полимеров или комплексообразованию с казеиновыми мицеллами. α – лактоглобулин считается более термостабильным сывороточным белком, для его коагуляции необходимо воздействие до температуры 114°C . При нагревании и последующем охлаждении молока наблюдается восстановление 80-90% нативной структуры, то есть происходит ренатурация белка, за счет присоединения ионов кальция [2].

Различие в составе сывороточных белков в сыром и сухом термообработанном молоке лежит в основе метода эксклюзионной жидкостной хроматографии высокого давления белков водорастворимой фракции коровьего молока (предварительно обезжиренного и отфильтрованного) [3]. Этот метод используется в настоящее время для выявления подобных фальсификаций, однако он трудоемок и требует дорогостоящего оборудования. Несомненно, все эти факторы сказываются на конечной стоимости анализа. В связи с этим актуальна проблема разработки экспресс-методов определения фальсификации сырого молока сухим, которые обеспечат получение результатов мирового уровня, обладающих впоследствии значительным потенциалом коммерческого использования как на территории Российской Федерации, так и в мире.

К таким методам относится иммунохимический метод анализа, который успешно развивается и используется в последнее десятилетие. В молочной промышленности уже активно используются тест-системы

«COPAN Test®», Delvotest® SP-NT, Beta Star®, RIDASCREEN®, но они направлены на выявление антибиотиков в молоке.

Наш проект направлен на разработку тест-систем для выявления фальсификации сырого молока сухим иммуноферментным гетерогенным методом, основанным на специфическом воздействии антигена и антитела.

Разработанная методика обладает рядом преимуществ: простота пробоподготовки и анализа, удобство работы; высокая чувствительность и специфичность метода; низкая стоимость требуемого оборудования и расходных материалов, небольшие затраты на постановку и поддержку метода; освоение метода не требует специальных знаний; высокая скорость проведения анализа, получения результата, что позволяет ее использовать для выявления соответствующего вида фальсификации.

Литература

1. Лаборатория против фальсификации: молоко и молочное сырье / Д.Н. Коваленко // Молочная промышленность.- 2007.- № 1.- С. 56-58
2. Горбатова К.К. Химия и физика молока: Учебник для вузов / К.К. Горбатова. - СПб.: ГИОРД, 2004. - 288 с.
3. Методические указания по оценке подлинности и выявлению фальсификации молочной продукции: Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 28 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДЫ ИЗ ВОЗДУХА

И.Н. Плешков

Научный руководитель Л.И. Соколов, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

По данным ЮНЕСКО на планете от дефицита пресной воды страдают более 300 млн. человек. Существует много источников получения питьевой воды, один из них генерирование воды из атмосферы.

К настоящему времени было разработано множество установок для генерации воды из атмосферного воздуха. Все установки основаны на принципе доведения окружающего воздуха охлаждением до температуры ниже «точки росы».

Нужны легкие мобильные установки (термосы), способные производить чистую питьевую воду каждый день. Все известные установки чрезвычайно громоздки, не отличаются широкими функциональными свойствами и требуют больших площадей. В связи с этим необходим поиск, исследование новых селективных абсорбентов и технологий получения воды из атмосферного воздуха, а также разработка устройств, отличающихся компактностью, малым весом, простотой обслуживания.

Объектом исследования и разработки является установка на основе эффекта Пельтье, предназначенная для получения воды из паров, содержащихся в атмосферном воздухе.

Цель работы – разработка конструкции и исследование режимов работы прибора (установки) для получения питьевой воды из атмосферного воздуха. Патент № 2005123441.

В процессе работы были получены результаты, позволяющие разработать наиболее эффективную конструкцию и определить диапазон рабочих режимов установки.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: мобильность, возможность получения конечного продукта (воды) в условиях изоляции от источников питьевой воды, нетребовательность к источникам энергии, надёжность.

Степень внедрения – опытный образец, результаты лабораторных исследований.

Область применения – обеспечение питьевой водой в условиях чрезвычайных ситуаций, походах, экспедициях и других ситуациях, когда возникают проблемы с обеспечением водой небольшого числа людей.

Одним из направлений решения этой проблемы является создание установок по добыванию чистой питьевой воды из окружающего воздуха. Такие установки с успехом работают во многих странах. Но используемые установки имеют промышленное значение, а соответственно и большие габариты, вес, стоимость. В то же время очень часто возникает потребность в небольших мобильных приборах, позволяющих решить эту же задачу в условиях отрыва от цивилизации и при чрезвычайных ситуациях.

В качестве рабочих элементов промышленных установок по добыванию воды из воздуха используются холодильные агрегаты компрессорного типа. Они имеют высокий КПД, но в то же время тяжелы и громоздки, дороги. Но существуют и другие приборы:

1. Снаружи прибор WaterMill выглядит как гигантский шар для гольфа, расколотый пополам, три фута в диаметре. Сделанный из белого

пластика, он прикрепляется к стене. WaterMill - способно конвертировать воздух в 12 литров чистой свежей воды, пригодной для питья и готовки ежедневно.

Устройство затягивает воздух через фильтры, отделяя его от пыли и сора, а затем нагревает его до той температуры, при которой образуется влага. Образовавшаяся вода проходит через стерилизующий резервуар, который с помощью ультрафиолетовых излучений борется с возбудителями болезни легионеров и прочими инфекциями. Наконец, вода очищается и по трубам попадает в холодильник или в кухонный кран.

Прибор саморегулируемый и минимизирующий потребление энергии. Стоит такое устройство 1 299 долларов - недешевая альтернатива питьевой бутилированной воде. Но тем не менее, компания - производитель Element Four рассчитывает на то, что устройство станет маст-хэв в 2009 году.

Уникальное изобретение работает на электричестве и использует примерно столько же энергии, как три электрические лампочки, пересказывает сообщение "Гардиан" сайт "Инопресса".

2. На сайте [1] предлагается другая отечественная установка, которая получает воду из воздуха и использует особый сорбент, который не привносит в получаемую воду абсолютно никаких посторонних примесей, ухудшающих качество воды. Вода получается практически дистиллированной. Стоимость минеральных добавок для доведения получаемой воды до питьевых норм ничтожно мала и составляет примерно 0,7 цента на 1 литр воды. Минеральные добавки российского производства выпускаются в различных вариантах: с йодом, фтором, кальцием, магнием, селеном и пр.

Стоимость получаемой на установке воды определяется лишь стоимостью электроэнергии в районе эксплуатации установки (расход энергии от 1,02 до 1,2 кВт-ч/литр). Источник электроэнергии- 220 В, 50 Гц, габариты- не более 70(80)х60х60 см, вес - не более 60 кг.

3. В российском исследовательском Центре им. М.В.Келдыша совместно с научно-производственной фирмой "Экопроект АММ" была разработана и отлажена технология получения воды из атмосферного воздуха, которая может быть использована в качестве источника получения пресной воды из воздуха при отсутствии или ограниченном доступе к естественным источникам воды, в том числе в засушливых районах с низкой относительной влажностью воздуха, а также на судах длительного плавания. Была создана установка, которая позволяет значительно эффективнее извлекать воду из воздуха, а также параллельно осуществ-

лять его кондиционирование, при снижении удельных энергозатрат, массы, габаритов и стоимости установки. Установка работает по принципу формирования потока воздуха, содержащего пары воды, на стадии которого проводится предварительное охлаждение воздуха потоком циркулирующей воды, где его относительную влажность повышают до 70-100%. После охлаждения воздуха до температуры ниже точки росы, осуществляется отвод конденсата потребителю и охлаждение обезвоженным воздухом циркулирующей воды и конденсатора холодильной машины. При этом предварительное охлаждение воздуха совмещают с повышением его относительной влажности посредством прямого контакта воздуха с потоком циркулирующей воды, а отвод конденсата потребителю осуществляют таким образом, чтобы объем воды в циркулирующем потоке не снижался.

За счет использования холода получаемого конденсата исследователям удалось значительно снизить удельные энергозатраты и вывести КПД установки на эффективный уровень [2].

4. Новая технология получения воды из атмосферного воздуха и продуктов сгорания. Получение воды из атмосферного воздуха возможно традиционным методом, его охлаждением до температуры ниже температуры "точки росы". Этот способ давно освоен в кондиционерах и механических осушителях воздуха. Выпадающий на охлаждённых поверхностях конденсат необходимо очистить от пыли и микрофлоры, добавить необходимые присадки для получения воды заданного качества. Однако этот метод не может найти повсеместного применения из-за сложности используемого оборудования, его высокой цены, больших энергозатрат и, следовательно, высокой стоимости получаемой воды. Вместе с тем, при существующем дефиците воды питьевого качества, ряд фирм, производящих холодильное оборудование, в настоящее время приступили к выпуску установок, производящих питьевую воду на основе метода охлаждения атмосферного воздуха. Разработанная технология лишена недостатков установок с использованием холодильных машин. Он основан на существенном повышении концентрации водяных паров в воздухе, циркулирующем в установке, и, следовательно, на повышении температуры "точки росы" этого воздуха, что позволяет конденсировать водяные пары при температуре окружающей среды.

Сравнительные характеристики метода, основанного на охлаждении воздуха, и предлагаемого нами метода, приведенные в таблице, показывают преимущества представленных нами установок.

Таблица

Наименование модели	Производительность по воде		Габариты L*В*Н, м	Холодо-производительность, кВт	Расход тепловой энергии, кВт	Ориентировочная стоимость установки, долл. США	Стоимость воды, долл. США/м ³
	л/час	л/сутки					
Model LA-1-25-60 (LIQUIDAIR, Florida USA)	90	380	4,8*2*1,8	88	-	55619	35
Model HCV 1000 (LIQUIDAIR, Florida USA)	16	2100	2,3*1*1,1	14	-	16157	37
Установки коллективного пользования, работающие на газе (Автор: А. Б. Цимерман) k100 k300	100	2400	2,2*2,2*1,6	-	95	11700	2,8
	300	7200	2,8*2,8*3,4	-	190	23500	2,5
Установки индивидуального пользования, работающие на газе (Автор: А. Б. Цимерман) i15 i2	15	360	1*1*1,8	-	18	2300	7,5
	2	50	0,5*0,5*1	-	2,5	750	8,5
Установки, использующие отбросное тепло. (Автор: А.Б.Цимерман)	100	2400	1,75*1,75*2,75	-	66	11000	1,5-0,8

Способ основан на использовании сорбционно-десорбционных процессов поглощения паров воды из воздуха с их последующей конденсацией. Основной областью использования предложенного метода является производство чистой воды преимущественно бытового и сельскохозяйственного назначения.

Для работы установок по данному способу необходимы затраты тепловой энергии на десорбцию влаги и электрической (механической) энергии на перемещение воздушных потоков и для других операций.

В качестве тепловой энергии могут быть использованы отбросное тепло технологических процессов (например, выхлопные газы тепловых двигателей; солнечная радиация; тепло сгорания топлива и другие). В случаях, когда установка предназначена для работы на отбросном (даровом) тепле, стоимость получаемой воды будет близка к стоимости водопроводной.

Процесс производства воды состоит из чередующихся либо протекающих одновременно процессов сорбции и десорбции. На этапе сорб-

ции водяные пары избирательно поглощаются сорбентом из парогазовой смеси. На стадии десорбции происходит выделение паров воды и их концентрация до величины, необходимой для осуществления их конденсации при температуре окружающей среды. Интенсивность процессов сорбции зависит от вида сорбента, параметров и расхода парогазовой смеси. Интенсивность процессов десорбции, в основном, зависит от количества и параметров подводимого тепла. Возможность получения конденсата из пара, выделившегося при десорбции, является одним из главных преимуществ метода. При высоких температурах окружающего воздуха ($t \approx 30^\circ\text{C}$) традиционными методами из воздуха, прошедшего через адсорбент, воду получить невозможно, т.к. концентрация паровоздушной смеси очень мала. В наших установках гарантируется конденсация водяного пара при любых возможных температурах наружного воздуха. Такой эффект достигается за счет концентрации водяных паров в процессе десорбции, что обеспечивается конструктивными и схемными решениями. Тепло конденсации передается окружающей среде путем охлаждения конденсатора наружным воздухом либо промежуточным теплоносителем. При уменьшении влагосодержания воздуха эффективность работы установки уменьшается.

Особый интерес представляет предлагаемая технология получения воды из продуктов сгорания, выхлопных газов тепловых двигателей, т.к. они являются не только теплоносителями, но и всегда содержат большое количество водяных паров. Работа таких установок практически не зависит от влагосодержания атмосферного воздуха и они могут использоваться в любых климатических условиях без дополнительных затрат тепловой энергии. Их область применения – газовая и нефтяная промышленность и особенно мобильные транспортные средства различного назначения, в том числе на выхлопе в водную среду [3].

5. Известен способ и устройство для извлечения воды из атмосферного воздуха, одним из которых является воздушно-водяной генератор по патенту США N 5203989 по кл. E 03 B 3/28, 1987.

Согласно данному патенту формируют поток воздуха, содержащего водяные пары, охлаждают его до температуры ниже точки росы, конденсируют водные пары в воду, а обезвоженный воздух выбрасывают в атмосферу.

Известное устройство содержит корпус, в котором установлена холодильная машина и средство транспортирования потока воздуха. Нижняя часть корпуса сообщена со сборником конденсата.

При прокачивании потока атмосферного воздуха, содержащего пары воды, происходит их конденсация на охлаждающем элементе холодиль-

ной машины и одновременное охлаждение потока воздуха, который выбрасывается в атмосферу.

Известный способ и устройство характеризуются низкой экономичностью использования холодопроизводительности холодильной машины, так как только незначительная ее часть используется для конденсации паров воды, особенно при малой влажности воздуха. При этом большая часть холодопроизводительности расходуется на охлаждение обезвоженного воздуха, выбрасываемого в атмосферу.

6. Известна установка для получения пресной воды из влажного воздуха, в работе которой используется солнечная энергия /DE 3313711, кл. E 03 В 3/28, 1984/.

За счет электроэнергии, получаемой от солнечных батарей, холодильный агрегат производит холод, который выделяется на теплообменнике-испарителе. Влажный воздух с помощью вентилятора продувается через воздуховод, в котором расположен испаритель. В результате контакта с поверхностью теплообменника-испарителя воздух охлаждается, содержащийся в нем пар становится насыщенным, частично конденсируется на поверхности теплообменника и стекает в водосборник.

Недостатками данной установки являются большие энергозатраты и низкая производительность.

Известна установка, в которой осуществляется аккумуляция холода для его использования в ночное время /EP 0430838, кл. E 03 В 3/28, 1991/.

В светлое время суток электроэнергия от солнечных батарей поступает на холодильный агрегат, который вырабатывает холод. С помощью вентиля холодильный агрегат подключается к термоизолированной емкости. Находящаяся в ней жидкость с помощью гидронасоса прокачивается через холодильный агрегат и охлаждается, в результате в термоизолированной емкости аккумулируется холод. Затем термоизолированная емкость с помощью вентиля отключается от холодильного агрегата и подключается к теплообменнику-конденсатору. Когда влажность воздуха достигает величины, близкой к 100%, включаются гидронасос и вентилятор. С их помощью холодная жидкость и влажный воздух пропускаются через конденсатор. Содержащийся в воздухе водяной пар конденсируется на его поверхности, а находящиеся в нем капли улавливаются каплеуловителем и захваченная влага стекает в водосборник.

Недостатком данной установки является необходимость расходования энергии и отсутствие автономности при работе установки [4].

7. Мобильная установка для получения питьевой воды из атмосферного воздуха.

Разработанная установка представляет собой компактный, легкий переносной прибор, способный производить питьевую воду из атмосферного воздуха при влажности, значительно ниже 100% (эксперимент проведен при относительной влажности 40% и температуре 18⁰С). Эксперимент показал, что в результате охлаждения воздуха в приборе до точки росы конденсат выпадет на экранизирующую металлическую пластину в виде водяного монослоя (тонкой пленки), который не смешивается со следующими слоями молекул воды и тем самым проявляет гидрофобные свойства. При определенных режимах достигалось обмерзание экранизирующей пластины. А переполюсовка обеспечивала активное таяние льда и накопление выделенной воды в объеме сосуда. За один час работы опытного устройства удавалось собрать 100 мл воды, несмотря на то, что установка имеет неоптимальные результаты.

Отрасли использования: туризм, сельское хозяйство, Условия использования: чрезвычайные ситуации, экологически неблагоприятные и засушливые районы. Полученная вода хорошо аэрирована. Не содержит микроорганизмов, соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, является дешевой.

В результате сравнения разных установок для генерации воды из воздуха авторы пришли к выводу, что данная установка является наиболее мобильной, обладает средними показателями производительности, очень малым энергопотреблением, благодаря чему она может получить широкое распространение.

Литература

1. <http://www.hitechstars.com>
2. Источник: SciTecLibrary.com (<http://www.new-garbage.com>)
3. <http://www.truba.ua>
4. http://www.ntpo.com/patents_water

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ, ДОБЫВАЕМОЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Л.Е. Полякова

*Научный руководитель С.М. Чудновский, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Примерно 90% подземных вод на территории Вологодской области имеют повышенное содержание железа.

Наличие железа в воде придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры, является причиной низкого качества продукции в текстильной, пищевой, бумажной, химической и других видах промышленности. Кроме того, высокое содержание железа в питьевой воде отрицательно влияет на здоровье человека. Избыток его накапливается в печени в коллоидной форме оксида железа, который вредно действует на клетки печени, вызывая их разрушение.

Железо в подземных природных водах встречается в виде двух- и трехвалентных ионов, а также в виде органических и неорганических его соединений. В поверхностных водах железо содержится главным образом в органических комплексах и в виде коллоидных тонкодисперсных взвесей.

Существует много различных методов обезжелезивания подземных вод. По классификации Г.И.Николадзе их можно разделить на две основные группы: безреагентные (физические) и реагентные (с применением окислителей). Из применяемых в настоящее время безреагентных методов обезжелезивания воды перспективными являются: вакуумно-эжекторная аэрация и фильтрование; упрощенная аэрация и фильтрование; "сухая фильтрация"; фильтрование на каркасных фильтрах; аэрация и двухступенчатое фильтрование.

К реагентным относятся следующие методы: упрощенная аэрация – окисление - фильтрование; напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием; известкование - отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование; фильтрование через модифицированную загрузку; электрокоагуляция; катионирование.

Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществлять только реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Метод упрощенной аэрации осуществляется с помощью несложных устройств путем излива воды с небольшой высоты в карман или центральный канал фильтра, либо путем вдувания воздуха в обрабатываемую воду. Отсутствие специальных аэрационных устройств и контактных емкостей упрощает эксплуатацию и снижает стоимость очистки.

Метод “сухой фильтрации” заключается в фильтровании воздушно-водяной эмульсии через незатопленную зернистую фильтрующую загрузку путем образования в ней вакуума или нагнетания больших количеств воздуха с последующим отсосом из поддонного пространства. В обоих случаях в поровых каналах фильтрующей загрузки образуется турбулентный режим движения смеси, характеризующийся завихрениями и противотоками, что способствует молекулярному контакту воды с поверхностью зерен контактной массы. При этом на зернах фильтрующей загрузки формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа. Темп прироста потерь напора в фильтрующей загрузке при напорном фильтровании по методу “сухой фильтрации” очень мал, а продолжительность фильтроцикла – велика (от нескольких месяцев до года и более). Характерной особенностью процесса является минимальный период «зарядки» фильтрующей загрузки.

Метод упрощенной аэрации с двухступенчатым фильтрованием предпочтительно применять в напорном варианте. В самом начале процесса обезжелезивания при поступлении на фильтр первых порций воды, когда загрузка еще чистая, адсорбция соединений железа на ее поверхности происходит в мономолекулярном слое, т.е. имеет место физическая адсорбция, обусловленная силами притяжения между молекулами адсорбата и адсорбента (поверхность твердого тела – адсорбента насыщается молекулами адсорбата). После образования мономолекулярного слоя процесс выделения соединений железа на зернах песка не прекращается, а наоборот усиливается вследствие того, что образовавшийся монослой химически более активен, чем чистая поверхность песка.

Метод фильтрования на каркасных фильтрах следует применять для обезжелезивания воды на установках производительностью до 1000 м/сут. Сущность обезжелезивания воды по рассматриваемому методу заключается в том, что железо (2) после окисления переходит в осаждающееся железо (3). Гидроксид железа, формирующийся в нижней части аппарата, намывается на патрон. При этом в начале процесса решающую роль играет различие в зарядах керамического патрона, хлопьев гидроксида железа и ионов железа (2). Нарастающий на патроне слой гидроксида железа служит контактным материалом для новых постоянно намываемых агрегатов, при этом происходят как физические, так и хими-

ческие процессы. Патрон служит только опорным каскадом для фильтрующего слоя гидроксида железа.

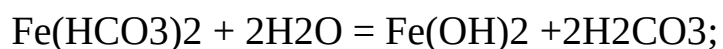
Сущность метода аэрации с использованием вакуумно-эжекционных аппаратов заключается в окислении кислородом воздуха железа (2) в окисное с образованием коллоида гидроксида железа и выделении в осадок в виде бурых хлопьев. При контакте воды, содержащей железо (2), с воздухом кислород растворяется в воде, окислительный потенциал системы повышается, и если при этом создать условия для удаления части растворенной углекислоты, то рН системы возрастает до значения, обеспечивающего при данном окислительном потенциале выпадение в осадок гидроксида железа (3).

Обезжелезивание воды упрощенной аэрацией, хлорированием и фильтрованием заключается в удалении избытка углекислоты и обогащении воды кислородом при аэрации, что способствует повышению рН и первичному окислению железоорганических соединений. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (2) и частичное его окисление достигаются путем введения в обрабатываемую воду окислителя. Соединения закисного и окисного железа извлекаются из воды при фильтровании ее через зернистую загрузку.

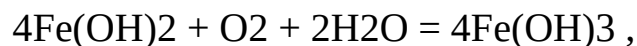
Обезжелезивание методом напорной флотации основано на действии молекулярных сил, способствующих слипанию отдельных частиц гидроксида железа с пузырьками тонкодиспергированного в воде воздуха и всплыванию образующихся при этом агрегатов на поверхность воды. Метод флотационного выделения дисперсных и коллоидных примесей природных вод весьма перспективен вследствие резкого сокращения продолжительности процесса.

В соответствии с п.6.176 СНиП 2.04.02-84, методы обезжелезивания воды, расчетные параметры и дозы реагентов надлежит принимать на основе результатов технологических изысканий, выполненных непосредственно у источника водоснабжения. К сожалению, это требование в условиях Вологодской области выполняется редко, а даже когда оно выполняется, принятая технологическая схема не всегда обеспечивает требуемое качество очищенной воды.

При аэрировании из воды удаляется гидрокарбонат железа, который является непрочным, легко гидролизующимся в виде соединений:



Образующийся гидроксид железа (2) кислородом воздуха окисляется в гидроксид железа (3):



который впоследствии удаляется из воды фильтрованием. Эти методы являются практически неуправляемыми.

Для решения указанных выше проблем мы предлагаем новую схему сооружений для обезжелезивания воды, обеспечивающую эффективное использование указанной технологии. В этой схеме предполагается использовать две новые разработки, выполненные в ВоГТУ, на которые получены патенты на изобретения [1, 2]. В первой разработке для повышения надежности и экономии средств при подаче воды в водонапорную башню одновременно из группы скважин предлагается использовать эжекторно-насосную конструкцию группового водозабора. Принцип действия устройства заключается в следующем: из группы неглубоких скважин вода поступает в сборный водовод, по которому подается в водонапорную башню. Погружной насос устанавливается только в одной скважине, а в остальные скважины устанавливаются вертикальные всасывающие трубы. В тех местах, где эти трубы соединяются со сборным водоводом располагаются эжекторы, предназначенные для отсасывания воды из скважин. Принцип действия устройства для эксплуатации скважин заключается в следующем: погружной электронасос отпускают в скважину. На водоподъемной трубе, которая идет от погружного насоса, внутри и снаружи устанавливают измерительные тензорезисторы. Вода всасывается в трубу за счет разницы давлений внутри и снаружи нее, за которой следит датчик давления. Далее вода попадает в регулируемую емкость. Также на водоподъемной трубе устанавливается электрифицированная задвижка. Управляет устройством блок управления.

Для обезжелезивания подземных вод методом аэрации мы предлагаем на сборном водоводе расположить дополнительные эжекторы, с помощью которых вода будет насыщаться кислородом воздуха. Таким образом, процесс обезжелезивания начнется еще в период транспортирования воды в водонапорную башню. Подача воды в бак водонапорной башни предполагается методом свободного излива через отверстия в дырчатой системе труб. Таким образом, будет обеспечена дополнительная обработка воды методом упрощенной аэрации. Для обеспечения сбора и удаления осадка, а также отвода очищенной воды требуется незначительная реконструкция водонапорной башни. При этом будет исключено попадание хлопьев железа в водоотводящую трубу.

Таким образом, имеется возможность в одном комплексе сооружений совместить процессы добывания, транспортирования и обезжелезивания воды.

Кроме того, разработана также технология непрерывного (гибкого) управления процессом обезжелезивания воды, путем использования разработанных в ВоГТУ способов седиментационных экспресс-анализов, позволяющих следить в режиме on-line за процессами образования и укрупнения железистых хлопьев.

Литература

1. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строгач. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 328 с.
2. Чудновский С.М. Водозаборы для комплексного использования и охраны водных ресурсов: учебное пособие / С.М. Чудновский, А.В. Зенков. – Вологда: ВоГТУ, 2007. – 95 с.
3. Чудновский С.М. Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин: учебное пособие / С.М. Чудновский, А.В. Зенков. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 127 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВИАРАЗВЕДКИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТИ В ЗОНАХ МЕСТНЫХ ЧС

А.А. Пономарев

Научный руководитель Е.А. Лебедева, доцент, канд. техн. наук
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

В последнее время наблюдается устойчивая тенденция роста числа крупных лесных пожаров. Пожары возникают на всей территории страны: и в обжитых регионах с развитой инфраструктурой, и в глухих, недоступных в летний, самый пожароопасный период, таежных массивах. Ликвидацию массовых лесных и торфяных пожаров зачастую осложняют труднодоступность районов тушения и удаленность их от источников водоснабжения, нерациональность, а порой и невозможность привлечения автотранспорта для доставки воды. В этих условиях всё чаще встаёт вопрос об использовании авиации.

Внедрение в сферу человеческой деятельности технологий, использующих свойства радиоактивных материалов стало неотъемлемой ча-

стью нашей жизни, при этом сфера их применения постоянно увеличивается. Случайная, непреднамеренная утрата управления и контроля за работами, на любом этапе представляет собою большую опасность [1].

Решение этих и многих других проблем безопасности возможно только при использовании авиации. И если авиационная охрана лесов – явление для нашей страны не новое, то поиск источников радиоактивных загрязнений с помощью вертолетов – не до конца еще освоенный метод. Использование вертолетного поиска лесных и торфяных пожаров и источников ионизирующего излучения, как наиболее быстрого способа, не вызывает никаких сомнений.

Пожарные вертолеты обладают целым рядом преимуществ. Во-первых, при возникновении возгорания, вертолет способен быстрее всех оказаться на месте происшествия, приземлиться на небольшой "пятачок", выполнить висение и перемещаться по всем направлениям в широком диапазоне скоростей. Благодаря небольшому времени цикла, у вертолета очень высокая производительность. В течение нескольких минут он может сбросить несколько тонн воды. Более того, он приспособлен для работы вблизи населенных пунктов, так как выполняет сбросы на малых скоростях полета с исключительно высокой точностью. Он может работать на лесной окраине, где самолет неэффективен. Наконец, вертолет способен заменить самолет, когда огонь уже побежден, и закончить работу. При тушении лесных пожаров вертолеты широкого используются для руководства общей организацией (изучения, разведки, наблюдения и наведения других летательных аппаратов), перевозки людей и грузов, эвакуации пожарных и пострадавших [2].

Общее время локализации лесного пожара площадью до 10 000 м² при использовании вертолетов с водосливными устройствами не превышает 2-4 часов, тогда как наземные силы потратят несколько часов только на доступ к месту пожара, а его локализация может занять не одни сутки.

При планировании материальных резервов на ликвидацию возможных чрезвычайных ситуаций, в частности, локализацию и тушение лесных пожаров, необходимо более детально анализировать существенные затраты, возникающие при использовании вертолѐта МИ-8 с водосливными устройствами ВСУ-5. В условиях бездорожья и территориальных протяженностей МИ-8 наиболее эффективен по грузоподѐмности, нетребователен к местам базирования и хорошо освоен гражданской авиацией. Предлагается в развитие использования математических пакетов [3, 4] для анализа режимов вертолетных перевозок рассмотреть траекторию движения вертолѐта при локализации лесного пожара, которая учи-

тывает циклические операции: забор воды, подъём на лётную высоту, доставку воды к месту сброса, возврат к месту водозабора. Это можно представить циклограммой, построенной по матрицам данных, характеризующим режимы полетов (рис. 1):

Mf - движение в загруженном состоянии в направлении пожара и Mb - движение в разгруженном состоянии в направлении водоема для водозабора.

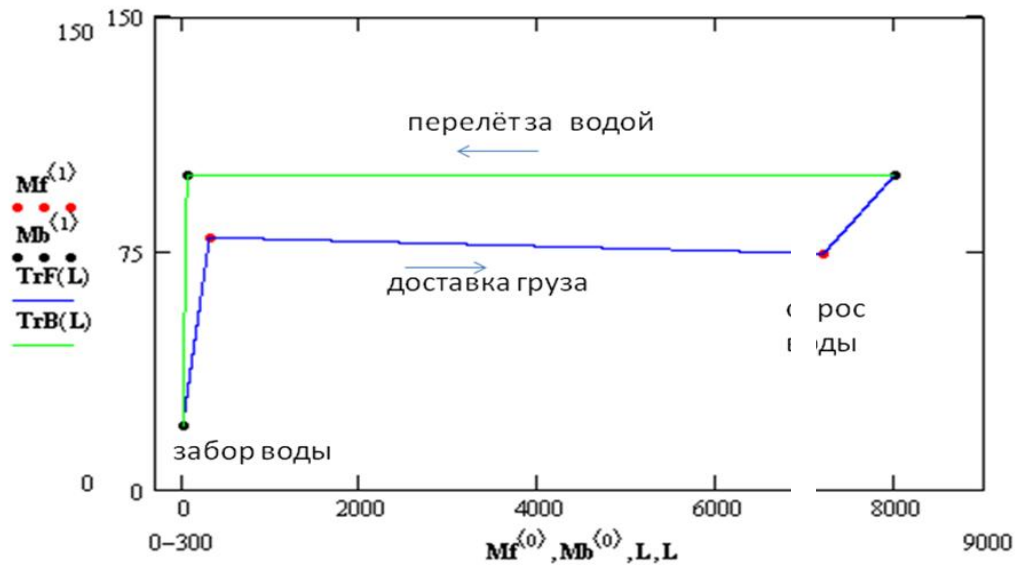


Рис. 1. Циклограмма полета по высоте и расходу топлива

Определим вектор перемещений Sf на j -х участках загруженной траектории полета:

$$Sf_j := if \left[j > 0, \sqrt{[(Mf^{<0>})_j - (Mf^{<0>})_{j-1}]^2 + [(Mf^{<1>})_j - (Mf^{<1>})_{j-1}]^2}, 0 \right] \quad (1)$$

и вектор перемещений Sb на z -х участках разгруженной траектории:

$$Sb_z := if \left[z > 0, \sqrt{[(Mb^{<0>})_z - (Mb^{<0>})_{z-1}]^2 + [(Mb^{<1>})_z - (Mb^{<1>})_{z-1}]^2}, 0 \right] \quad (2)$$

На основании (1, 2) и заданных векторно-скоростных режимов определяются временные векторы tf с j -ми и tb с z -ми участками пути

$$tf_j := if \left[j > 0, \frac{Sf_j \cdot 60}{(Mf^{<2>})_j \cdot 1000}, 0 \right] \quad \text{и} \quad tb_z := if \left[z > 0, \frac{Sb_z \cdot 60}{(Mb^{<2>})_z \cdot 1000}, 0 \right] \quad (3)$$

Соответственно появляется возможность оценить векторы расхода топлива Qf для j -х и Qb для z -х участков пути:

$$Qf_j := if \left[j > 0, tf_j \cdot (Mf^{<3>})_j, 0 \right] \quad \text{и} \quad Qb_z := if \left[z > 0, tb_z \cdot (Mb^{<3>})_z, 0 \right] \quad (4)$$

Полученные выражения (3, 4) позволяют определить суммарные затраты по времени T_c и топливу Q_c на один цикл полета:

$$T_c := \sum_j t f_j + \sum_z t b_z \quad \text{и} \quad Q_c := \sum_j Q f_j + \sum_z Q b_z \quad (5)$$

Таблица

Параметры смоченной полосы при сливе 5000 л воды с ВСУ-5 в сосновых насаждениях в зависимости от полноты древостоя и скорости полета

Характеристики смоченной полосы	Среднеполнотные насаждения		Высокополнотные насаждения	
	50 км/ч	70 км/ч	50 км/ч	70 км/ч
Скорость полёта	50 км/ч	70 км/ч	50 км/ч	70 км/ч
Длина, м	80	100	80	100
Ширина, м	12	11	12	12
Средняя дозировка, кв. м	3,5	2,8	2,8	2.2

Так для пожарной ситуации с необходимой площадью сброса воды 10^4 м^2 , средней площадью сброса воды с данной высоты за один цикл, равной 900 м^2 (таблица), стоимостью тонны топлива 16960 руб. и лётного часа 31260 руб. (цены 2006 года), а также типовыми режимами движения, как на рис. 1, получим для данного типа вертолёт с водосливным устройством ВСУ-5 следующие затраты:

- общее время локализации 1 час 44 мин;
- общий расход топлива 1,2 тонны;
- стоимость топлива и лётного времени (общие затраты) 55,91 тыс. руб.;

В анализе опущены расчеты по расходам на трассах «базирование – водоем - облет района действий», а также взлеты и посадки, включая технологические площадки по установке водосливного устройства, влияние погодных условия на движение и др. Эти дополнения возможно учесть по предложенной схеме в виде элементов векторов по каждому участку движения, где показатели начинают отличаться от смежных. Полученные данные могут быть также использованы в более общем финансовом планировании профилактики и устранении возможных ЧС с возрастающим процентом применения вертолетной авиации.

Удельные затраты на доставку 1 тонны воды (ОЖ) к месту пожара в "Авиалесоохране" фактически составили в среднем:

- самолетом-амфибией Бе-12П - 2400 руб.;
- самолетом-танкером Ан-2П - 1900 руб.;
- вертолетом Ми-8Т с ВСУ-5 - 660 руб.

Следует также иметь в виду, что, регулируя скорость вертолета при сливе огнетушащей жидкости на кромку пожара или создании заградительной полосы перед фронтом огня, можно увеличивать и уменьшать дозировки воды или ОЖ на земле, что невозможно осуществить самолетами-танкерами.

Особенности авиационного поиска локальных источников радиации

На первом этапе оценки степени загрязнения непосредственно после выброса радиоактивных веществ в окружающую среду проводится аэрогамма съемки местности в районе аварии и по направлению распространения радиоактивного следа. Для задач, которые решает воздушная радиационная разведка, наиболее пригодны самолеты и вертолеты, способные выполнять полеты на небольших высотах и со скоростями, обеспечивающими эффективное проведение измерений и разведки в целом.

Воздушная радиационная разведка, в зависимости от поставленных задач, может осуществляться специально подготовленными мобильными авиационными подразделениями на специально оборудованных самолетах или вертолетах, оснащенных специальной радиометрической аппаратурой.

В настоящее время наиболее широкое применение получили четыре метода проведения воздушной радиационной разведки и выбора маршрутов. Выбор конкретной методики определяется исходя из особенностей регионов, в которых планируется проведение воздушной радиационной разведки.

Точечная методика - наиболее простой способ получения первичной информации о степени радиоактивного загрязнения территории в отдельных точках исследуемого района.

Методика курсовых плеч заключается в измерении мощности дозы во время полета через определенные интервалы времени. Полет осуществляется по прямой линии между двумя заранее выбранными ориентирами. Эти ориентиры связываются прямыми линиями курсовыми плечами.

Методика маршрутных курсов состоит в прокладывании маршрута полета между двумя легко различимыми наземными ориентирами, вдоль отчетливо видной на земле линии (дороги, ЛЭП и т.д.). Замеры мощностей доз производят в заранее отмеченных точках маршрута или через определенные интервалы пути в зависимости от задания на разведку и условий полета.

Методика свободного обследования (линейное сканирование) основана на проведении постоянного измерения мощности дозы при облете территории полосами с одновременным автоматическим отображением полученных результатов на устройствах документирования [5].

Как известно, интенсивность радиоактивного излучения убывает при удалении от источника пропорционально квадрату расстояния, поэтому необходимо знать оптимальную высоту полета, на которой можно зарегистрировать излучение, а соответственно – минимальный порог чувствительности детектора и зависимость интенсивности излучения от высоты полета, активности источника. Скорость, как и высота, влияет на точность регистрации излучения. При больших скоростях время накопления будет меньше чем при низких, поэтому и точность измерения соответственно ниже [6]. При увеличении высоты точность измерения также будет уменьшаться. Из этого можно сделать вывод, что при поиске источников небольших размеров следует выбирать как можно меньшие высоту и скорость полета. Для построения графика, отображающего зависимость накопления излучения от скорости движения, надо задаться некоторыми величинами, такими как интенсивность излучения источника и высота полета. При построении графика также учтем время накопления дозы.

$$I(t) := \int_0^t \frac{I_0 \cdot e^{\frac{-(R(t))}{r_0}}}{R(t)^2} dt, \text{ имп/с}, \quad (6)$$

где $I(t)$ – интенсивность излучения в зависимости от времени накопления, имп/с;

$R(t)$ – расстояние до источника, м;

I_0 – интенсивность излучения самого источника, имп/с;

t – время накопления, с.

Из графика (рис. 2) видно, что при минимальной скорости (красный цвет) детектор покажет самые высокие результаты, так как время накопления при скорости 10 м/с будет наибольшим. Из этого следует, что при уменьшении скорости будет увеличиваться расстояние, на котором детектор может почувствовать источник излучения.

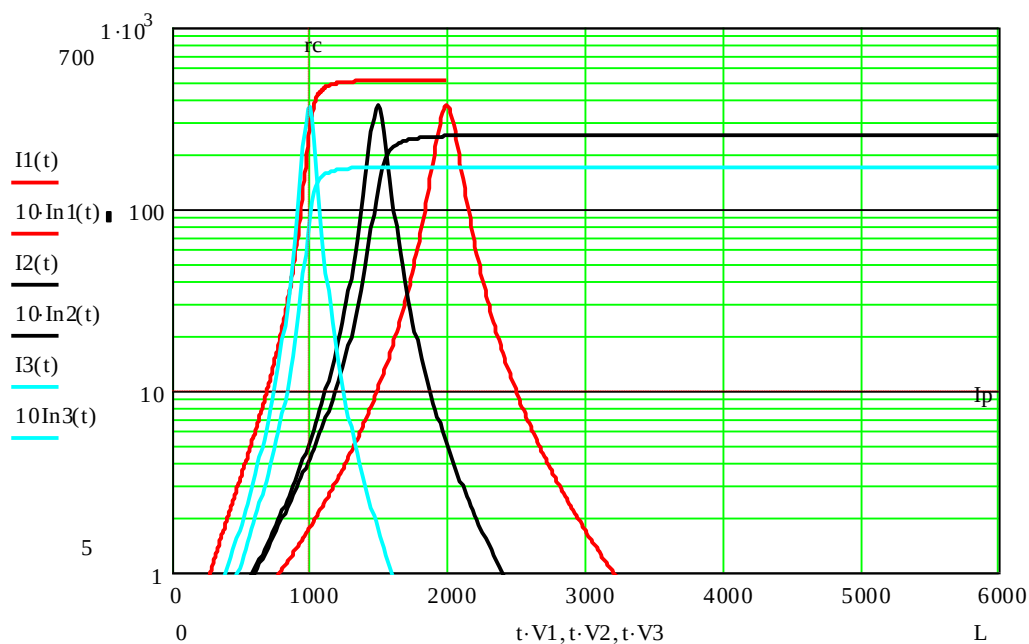


Рис. 2. Зависимость накопления излучения от скорости

Маршруты поиска зависят от того, какие имеются первоначальные данные об источнике, рельефе местности, границах поиска, погодных условиях. Все измерения производятся непрерывно, с привязкой к местности.

Основные затраты будут связаны с расходом топлива. Также будут иметь место затраты на оборудование и оплату летного часа. На карте (рис. 3) представлен маршрут полета. Зная масштаб по схеме, легко подсчитать расстояние, которое пролетел вертолет. Пройденный путь равняется 136 км. Площадь обследования равна 17 км^2 .

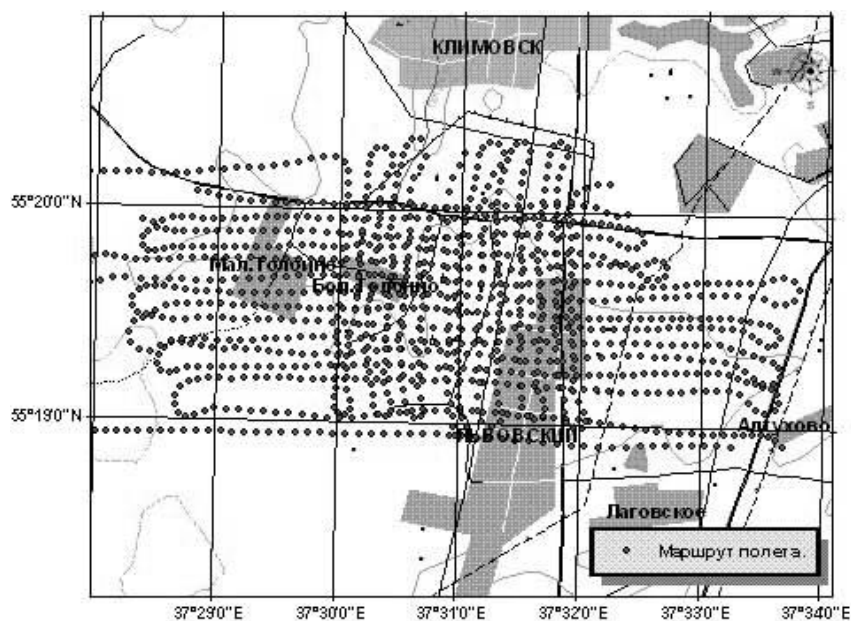


Рис. 3. Схема галсирования

В нашем случае используется вертолет Ка-26. Использование более крупного вертолета экономически нецелесообразно, так как поиск не включает в себя перевозку крупных грузов и большое количество людей. Наоборот, требуется легкий, маневренный и главное экономичный вертолет. Вертолет Ка-26 или подобный подходит как нельзя лучше.

Примем среднюю скорость движения на маршруте 100 км/ч и средний расход топлива 120 л/ч, возьмем рассчитанный пройденный путь плюс расстояние до места поиска 145 км и рассчитаем время, потраченное на поиск источников излучения:

$$T_s = \frac{P_c}{V_c} = 1,45 \text{ часа} \quad (7)$$

Далее рассчитаем затраты топлива

$$Q_s = T_s \cdot q_c = 174 \text{ литра}, \quad (8)$$

стоимость литра топлива АИ-95 24,5 рублей, стоимость летного часа вертолета Ка-26 (по данным 2006 года) 5500 рублей. Стоимость операций составит порядка 13 тысяч рублей.

Проанализировав затраты на поиск источников радиоактивного заражения, можно сделать вывод: затраты сопоставимы с возможным ущербом.

После определения точного местонахождения источника радиоактивного загрязнения наземные силы с применением робототехники приступают к его утилизации.

В современном мире проблема безопасности жизнедеятельности выходит на первый план. Изношенность технических систем, всё более широкое использование человеком природных ресурсов в производстве, рост числа опасных производств, в том числе использующих радиоактивные элементы, приводят к тому, что растёт риск нарушения условий жизни людей, смертности от природных и техногенных катастроф.

В результате проведенных исследований эффективного использования авиации, в частности, вертолетов, для поиска локальных источников и разведки зон ЧС, разработаны компьютерные модели траекторий движения с параметрами режимов полета, которые позволяют по входным ресурсам дать прогноз на временные и материальные затраты для выполнения задач. Вариация точками траекторий, режимами движения позволяет по модели минимизировать эти основные затраты.

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. – 270 с.
2. Верзилин М.М. Состояние и перспективы развития индустрии пожарно-технической продукции / Каталог «Средства спасения и противопожарная защита». – Изд-во «Индустрия безопасности», 2002 – 225 с.
3. Херхагель М. Matchcad-2000: полное руководство: Пер. с нем. / М. Херхагель, Х. Патроль. – М.: Издательская группа ВHV, 2000. – 416 с.
4. Полянская Т.М. Оптимизация вертолетных перевозок в задачах МЧС // Проблемы экологии на пути к устойчивому развитию регионов: Материалы Всероссийской науч.-техн. конф. / Т.М. Полянская, А.В. Полянский. – Вологда: ВоГТУ, 2005. – 179 с.
5. Владимиров, М.В. Методика оценки радиоактивного загрязнения территории / М. В. Владимиров, д. т. н. Б. А. Галушкин, С. В. Горбунов, В. В. Семенов. – М., 1994. – 52 с.
6. Чинюк, М. В. Радиационная и химическая защита населения и сил ликвидации чрезвычайных ситуаций / М. В. Чинюк, Б. А. Енько. Часть 2. Издание ВИУ. – М., 2002. – 220 с.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И УМЕНЬШЕНИЯ ЕЕ СТОИМОСТИ В ГОРОДЕ ВОЛОГДЕ

Д.А. Попова

*Научный руководитель С.М. Чудновский, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Во многих российских городах существует проблема дефицита питьевой воды в большей степени из-за того, что вода расходуется нерационально. Рассмотрим эту проблему на примере города Вологды.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) средняя гигиеническая норма потребления воды одним человеком составляет, в зависимости от климатических и других местных условий, от 102 до 112 литров в сутки. Реальное удельное водопотребление в Вологде (количество воды, подаваемое каждому жителю города) составляет 447 литров в сутки. Однако, по показаниям квартирных водосчетчиков, водопо-

требление в большинстве случаев не превышает 120 литров в сутки. Следовательно, разница 327 литров в сутки - это утечки.

Основная причина утечек – плохое техническое состояние внутренних систем, а главное – несвоевременное и некачественное их обслуживание.

Исследования российских специалистов показывают, что максимальные потери воды на утечки в наружных водопроводных сетях городов обычно не превышают 14-20% от количества подаваемой воды. Таким образом, если привести в нормальное состояние внутренние сети домов, тем самым, устранив сверхнормативные утечки воды, появится возможность в несколько раз сократить объемы водоподачи, однако, на потребителях это никак не отразится, так как сколько они потребляли воды, столько и будут потреблять.

Таким образом, основной социальной и экологической проблемой, связанной с коммунальным хозяйством многих городов, является подача в водопроводные сети больших объемов воды, на добывание, очистку и транспортирование которой расходуются огромные средства, при этом потребители используют для своих нужд только меньшую часть этих объемов, а платят из своего кармана не только за израсходованную воду, но и за ту, которая «теряется» в виде утечек.

По нашему мнению, вложение средств в ликвидацию утечек может быстро окупиться и дать определенную прибыль. При этом нет необходимости увеличивать размеры платы за воду.

Существует зависимость между количеством вложенных средств и величиной экономического эффекта, а также временем его получения. Эта зависимость для каждого населенного пункта может быть различной. Всё зависит от технологических схем существующих водозаборных и очистных сооружений. В частности, первая прибыль будет получена тогда, когда за счет сокращения утечек появится возможность отключить одну секцию или блок водоочистных сооружений.

В зависимости от этого количества и имеющихся экономических возможностей в каждом населенном пункте необходимо рассчитать количество средств, выделяемых на ликвидацию утечек. В любом случае эти средства будут значительно меньше средств, выделенных на строительство новых сооружений. Рассмотрим простейший пример.

В настоящее время в Вологде себестоимость 1 м^3 воды составляет 14,18 рублей.

В среднем, в одном пятиэтажном 75-квартирном доме проживает примерно 200 человек. В настоящее время на этот дом приходится $200 \times 0,447 = 89,4 \text{ м}^3/\text{сут}$. При устранении утечек водопотребление составит

$200 \times 0,112 = 22,4$ м³/сут, следовательно, экономия воды будет равна $89,4 - 22,4 = 67$ м³/сут, что в денежном выражении будет равно $67 \times 14,18 = 950$ руб/сут., или 346 750 рублей в год.

Нами разработана методика, с помощью которой можно определить наивыгоднейший вариант вложения средств в ликвидацию утечек.

Проведенный анализ балансов водопотребления по ряду городов показал, что на долю действительных потерь при авариях и скрытых утечках выпадает 15-20%, остальные 5-15% — полезные расходы, связанные с поддержанием работоспособности системы и разницы между нормируемым и фактическим водопотреблением. Большие потери воды из сети вызваны в основном крайней изношенностью труб, отсутствием защиты от блуждающих токов, высоким удельным показателем аварийности.

Как известно, норма водопотребления на одного жителя в сутки (q_n) для нашей климатической зоны составляет 112 л/сут. По данным статистики в 2008 году в городе Вологде население ($N_{жс}$) составляло 286 100 человек.

$$\begin{aligned} N_{жс} & - Q \\ N^* & - Q_{опт} \end{aligned}$$

где N^* — число жителей, которому соответствует расход $Q_{опт}$;

Q — расход воды в данный момент на количество жителей $N_{жс}$.

$$N^* = \frac{N_{жс} Q_{опт}}{Q}$$

$$Q_{опт} = q_n N_{жс}$$

$$Q = q_{реаль} N_{жс}$$

где $q_{реаль}$ — водопотребление одного жителя в сутки.

Исходя из этого, количество жителей, которое превышает норму водопотребления (x) находится:

$$x = N_{жс} - N^*$$

$$N^* = \frac{Q_{опт} N_{жс}}{Q} = N_{жс} - \frac{q_n N_{жс}}{q_{реаль}} .$$

Исходя из вышесказанного, количество жителей, которое превышает норму водопотребления:

$$x = N_{жс} - \frac{q_n N_{жс}}{q_{реаль}} .$$

Также имеют место утечки. Теоретически утечки составляют 20% от реального расхода воды, то есть

$$Y_{теор} = 0,2Q .$$

Но теоретические потери воды на утечки не совпадают с реальными. Реальные утечки составляют:

$$Y_{реаль} = Q - q_{реаль} N_{ж} .$$

Исходя из этого, ненормируемые утечки составляют:

$$\Delta Y = Y_{реаль} - Y_{теор} ;$$

$$\Delta Y = 0,8Q - q_{реаль} N_{ж} .$$

Тогда доля ненормируемых утечек в общем объеме потерь составляет:

$$\Delta Y_{\%} = \frac{Y_{теор}}{Y_{реаль}} \cdot 100\% .$$

Таким образом, предложенная формула поможет установить мероприятия по определению и предотвращению или снижению нерациональных расходов и потерь воды в системах коммунального водоснабжения, а также она позволит существенно улучшить обеспечение населения питьевой водой, уменьшить ее потребление и расходы электроэнергии, реагентов и других материалов.

Наша идея формирует предпосылки для выполнения требований, предъявляемых к качеству и подаче воды, изложенных в государственных стандартах, а также в санитарных правилах и нормах. Идея заключается в поэтапном уменьшении подачи воды в город за счет ликвидации утечек. В результате появляется реальная возможность обеспечить бесперебойное водоснабжение, сократив при этом объемы водоподачи, и повысив ответственность коммунальных служб за качество и надежность подачи водопроводной воды.

Разработана методика определения зависимости между количеством вложенных средств и величиной экономического эффекта, а также временем его получения. Эта зависимость для каждого населенного пункта может быть различной. В основе этой методики лежит учет технологических схем существующих водозаборных и очистных сооружений.

В частности, первая прибыль от внедрения предлагаемых мероприятий будет получена тогда, когда за счет сокращения утечек появится возможность отключить одну секцию или блок водоочистных сооружений для реконструкции.

В зависимости от этого количества и имеющихся экономических возможностей в каждом населенном пункте необходимо рассчитать количество средств, выделяемых на ликвидацию утечек. В любом случае

эти средства будут значительно меньше средств, выделяемых на строительство новых сооружений.

Реализация предложенной идеи даст экологический эффект:

1) будет сокращен забор воды из водоисточников, следовательно, вода, которая ранее просто не доходила до потребителя за счет сверхнормативных утечек, теперь останется в водоисточнике;

2) уменьшится нагрузка на водоочистные сооружения, в результате чего появится возможность отключать последовательно существующие блоки для ремонта и замены технологических схем;

3) уменьшая забор воды, мы одновременно решаем еще одну проблему: дело в том, что при этом уровни в поверхностных водных источниках не будут так резко падать, как это происходит в настоящее время, например, в городе Вологде. Это даст возможность обеспечить бесперебойное водоснабжение города;

4) не потребуются строительство новых водозаборов и новых блоков водоочистных сооружений;

5) уменьшатся объемы сброса сточных вод в поверхностные источники;

6) улучшится качество очищаемой природной воды;

7) уменьшатся нагрузки на наружные водопроводные сети, что приведет к уменьшению утечек в этих сетях;

8) уменьшатся затраты электроэнергии на транспортирование и очистку воды;

9) уменьшится расходование реагентов (коагулянта, флокулянта, хлора и т.д.).

Анализ реального удельного водопотребления доказывает нецелесообразность принятия решения об увеличении объемов добывания и очистки воды путем строительства новых сооружений.

Таким образом, доказано, что имеется реальная возможность обеспечить бесперебойное водоснабжение, сократив при этом удельную долю водопотребления на одного человека. Технические мероприятия, в частности переоборудование внутренних систем домов, следует начинать с вновь строящихся зданий, что позволяет сразу устанавливать более совершенное оборудование. Таким образом, первоначальные затраты будут минимальны.

Постепенно район за районом, по мере поступления денежных средств, появится возможность ремонта внутренних систем старых зданий. Параллельно с наведением порядка в деятельности сантехнических служб можно будет перейти к ремонту наружных сетей и систем распределения воды, а также к совершенствованию систем очистки воды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МОДИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАТИОНОВ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Е.И. Попова

Научные руководители: Л.М. Воронай, канд. хим. наук, доцент

Л.А. Коробейникова, д-р пед. наук, профессор

Вологодский государственный педагогический университет
г. Вологда

Среди загрязнителей биосферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, тяжелые металлы относятся к числу важнейших, а степень чистоты поверхностных вод, в свою очередь, является важнейшим показателем качества среды обитания.

В настоящее время используются три основных подхода к оценке состояния водных экосистем - биоиндикация, биотестирование и гидрохимическая оценка, основанная на сопоставлении концентраций вредных веществ с величинами ПДК или ОДУ (ориентировочно допустимых уровней), утвержденных соответствующими ведомствами.

Биоиндикация позволяет оценить состояние окружающей среды, выявить уже произошедшее или происходящее загрязнение водоема по индикаторным организмам [1].

Биотестирование предполагает испытание в строго определенных условиях действия вещества или комплекса веществ на водные организмы-биоиндикаторы посредством регистраций изменений того или иного биологического (или физиолого-биохимического) показателя исследуемого объекта [1] по сравнению с контролем.

Наиболее распространена оценка с использованием критерия ПДК. Она лежит в основе определения областей чрезвычайной экологической ситуации, экологического бедствия, служит для характеристики степени загрязненности водных объектов, в частности, в «Государственных докладах о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации» [2], является основанием для решений о допустимости использования вод для различных целей.

Современная система ПДК, основанная на дифференцированном изучении аналитическими методами отдельных веществ, не отвечает принципам системности в экологии и не может в полной мере обеспечить сохранение приемлемого уровня экологической безопасности. Есть

ряд ограничений экологического нормирования. Среди них следует отметить:

1) широкий круг веществ, составляющих химическую структуру нормируемых компонентов и сред, затрудняет выбор аналитического метода определения;

2) для большинства токсических соединений нет разработанных количественных методов анализа, особенно в условиях, когда ежегодно в мире синтезируется от 10 до 20 тысяч новых веществ;

3) значение некоторых ПДК лежит за пределами чувствительности современных аналитических методов определения;

4) взаимодействие различных веществ приводит к неконтролируемому образованию вторичных токсических соединений, метаболитов и пр.; Эффекты суммации и синергизма не учитываются при определении ПДК отдельных веществ [6].

В настоящее время большое количество работ посвящено изучению влияния определенных конкретных химических веществ на отдельные тест-объекты, но необходимо учитывать их совместное влияние на организмы и действие факторов среды. В результате таких взаимодействий формируются различные модификации, которые могут быть классифицированы по результату действия:

- *суперпозиционная*, при которой происходит наложение влияния различных компонентов смеси [3];
- *синергетическая* – достигаемый эффект при использовании смесей намного превышает суммарный и аналогичный вклад каждого компонента, взятого в той же концентрации, что и смеси [3];
- *антагонистическая* – достигаемый эффект при использовании смесей намного уменьшает суммарный и аналогичный вклад каждого компонента, взятого в той же концентрации, что и в смеси [3].

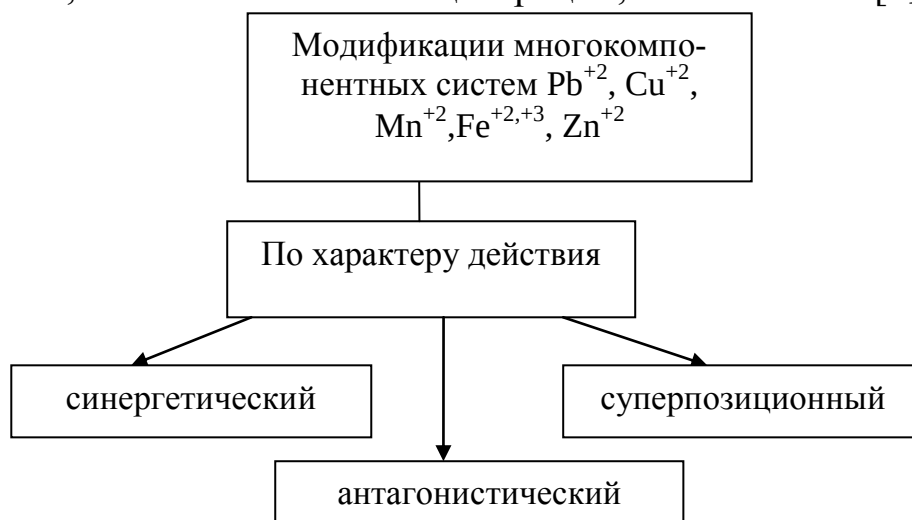


Рис.

В соответствии с литературными данными и методиками ГОСТ были приготовлены и исследованы стандартные растворы, содержащие катионы тяжелых металлов.

Для исследования были выбраны отдельные катионы и их смеси.

Исследования проводились на приборе «Биолат» с применением тест-объекта *Paramecium caudatum*. и полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Исследование токсичности растворов отдельных катионов

Катион тяжелого металла в растворе с концентрацией, равной ПДК	Pb+2	Zn+2	Cu+2	Mn+2	Fe+2
Коэффициент токсичности (К)	4,6	7,6	9,3	9,3	8,8

Таблица 2

Исследование токсичности модельных смесей

	Синергизм	Антагонизм	Суперпозиционизм	К(токс.)
Pb+2, Zn+2 (по ПДК)	+	Pb+2	Zn+2	7,2
Fe+2, Cu+2 (по ПДК)	+	Cu+2	Fe+2	7,9
Zn+2, Mn+2 (по ПДК)	+	Mn+2	Zn+2	7,3

Примечание: коэффициент токсичности (К) означает различие в активности инфузорий в растворе Лозин Лозинского (маточный раствор) и в исследуемых растворах (показания на графиках, построенных по данным, полученным с помощью прибора «Биолат»).

По результатам табл. 1, можно сказать, что наиболее токсичными из изученных катионов металлов являются Cu+2; Mn+2; Fe+2. Это может быть объяснено сродством данных катионов к мембране тест-объекта (*Paramecium caudatum*).

По данным табл. 2 видно, что во всех смесях проявляется эффект синергизма. В двух из трех изученных смесей суперпозицию занимает Zn+2, это объясняется положением цинка в ряду активности металлов. В смеси же меди и железе суперпозицию проявило Fe+2, т.к. железо имеет уникальную способность смены степени окисления, вследствие чего обладает наибольшим сродством к цитоплазматической мембране *P. caudatum*.

Литература

1. Филенко, О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды /О.Ф. Филенко // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 6. – С. 10-12.

2. Брусиловский, С.А. Качество питьевых природных вод: критерии, методы, оценки / С.А. Брусиловский // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 7. – С. 23-28.
3. Кондратьев, В.Н. Синергизм в процессах модификации полиолефинов / В.Н. Кондратьев // Химия и химическая технология. – 2004. – № 3. – С. 15-19.
4. Русанов, В.И. Развитие системы управления качеством природной среды на основе биотестирования/В.И. Русанов // Экология природопользования. 2006. – № 9. – С. 4-8.
5. Никифорова Л.О. Влияние тяжелых металлов на процессы биохимического окисления органических веществ/Л.О.Никифорова, Л.М. Белополюский. – М.: Бином, 2007. – 73 с.
6. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду / А.Ю. Опекунов. – СПб.: Питер, 2006. – 261 с.

БИОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Е.А. Попова

Научный руководитель Е.А. Мезенева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из актуальных задач современности и требует дальнейшего совершенствования систем водоснабжения. В частности, интенсификации работы водозаборных и водоочистных сооружений, повышения их надежности, экономичности без нанесения ущерба природе.

Традиционные технологии подготовки питьевой воды основаны, как правило, на применении химических реагентов, в том числе и хлорсодержащих, что при обработке цветных вод приводит к образованию токсичных хлорорганических соединений. Снижение содержания органических веществ, обуславливающих цветность природных вод, на стадии предварительной очистки, до введения в воду реагентов, позволяет снизить не только дозы применяемых реагентов, но и уменьшить объемы осадка водоочистных сооружений.

Естественные ценозы поверхностных источников водоснабжения обеспечивают постоянную самоочищающую способность природной воды. Увеличения эффективности самоочищения можно добиться повыше-

нием концентрации биомассы в единице объема воды и иммобилизацией природных сообществ гидробионтов на носителях. В естественных условиях роль носителей выполняет подводная часть растений, в частности стебли тростника. При реализации пространственной сукцессии гидробионтов степень очистки воды может быть достаточно высокой [1].

В лабораторных условиях ИКХХВ (Киев) изучена возможность биологической предочистки воды реки Днепр при введении в водоток насадки из волокнистых материалов, исследован качественный и количественный состав ценозов насадки. Эффект очистки воды составил по цветности – 60%, взвешенным веществам – 99%, ХПК – 92%, БПК – 93% [1].

Опытно-промышленные испытания биотехнологии предварительной очистки природной воды, проведенные на Днепровской водопроводной станции Киева, показали эффективность и рациональность очистки воды с помощью гидробионтов, закрепленных на насадках [2].

Интенсифицировать очистку воды от взвесей, органических веществ, нефтепродуктов, биогенных элементов, тяжелых металлов, пестицидов, фенолов, радиоактивных веществ и другого можно созданием в каналах условий развития сообщества высших водных растений в специальных гидротехнических сооружениях – биоплато. Механизм очистки воды на биоплато от загрязняющих примесей различен. Очистку воды здесь осуществляют помимо высших водных растений бактериальное население зарослей, донные, эпифитные, планктонные водоросли и беспозвоночные животные. Основным агентом на биоплато является бактериоперифитон – бактериальная пленка, развивающаяся на подводной части растений и обеспечивающая высокую интенсивность деструктивных процессов [3].

Проведенными исследованиями на опытном полигоне на канале Днепр-Донбасс установлено, что удельная очистительная способность сообществ тростника по отношению БПК_н зависит от исходных концентраций органических загрязнений и продолжительности контакта воды с растениями [3]. При высоких начальных значениях БПК процесс очистки идет быстро; при более низких исходных концентрациях скорость очистки замедляется. Границей этих двух областей можно считать значение БПК_н 15 мг О₂/л.

Биоплато функционируют сезонно. Сообщества высших водных растений интенсивно осуществляют очистку воды в течение вегетационного периода. Зимой интенсивность этого процесса снижается. По этой причине область применения инженерных сооружений, рассчитанных на очистительный эффект сообществ макрофитов, целесообразно ограничивать временем их активного функционирования.

Для полного использования очистительной способности макрофитов в биоплато должны быть организованы постоянная проточность воды и максимальный массообмен с основным потоком. Площадь застойных зон в биоплато должна быть минимальной [3].

Использование управляемых биоценозов на водозаборных и очистных сооружениях возможно применением биореакторов, устанавливаемых непосредственно в оголовке руслового водозабора, приемном отделении НС-1, распределительном канале микрофильтров или барабанных сеток. В качестве загрузки биореактора используется волокнистый фильтрующий материал, на поверхности которого развивается естественный биоценоз, поглощающий из воды растворенные органические загрязнения.

Исследования работы биореактора в сочетании с контактным осветлителем, проведенные на очистных сооружениях водопровода г. Вологды, показали значительное улучшение качества воды: по цветности – 60-63%, мутности – 100%, перманганатной окисляемости – 30-50%, аммиаку – 12%, ХПК – 28-30% [4].

Анализ существующих методов биологической предочистки природных вод показал, что применение биотехнологий позволяет не только улучшить качество воды, снизить расходы реагентов, но и улучшить экологическую ситуацию. Применение безреагентной обработки воды особенно целесообразно для получения питьевой воды для систем водоснабжения небольшой производительности, например для базы отдыха «Бережок», источником которого является озеро Азатское Белозерского района Вологодской области с качеством воды по цветности – 19 ПКШ, мутности – 68 мг/л, БПК – 15 мг О₂/л. Использование биологической предочистки, фильтрующего водозабора и медленного фильтрования с ультрафиолетовым обеззараживанием воды позволит получить экологически чистую, высококачественную воду для питьевых целей.

Литература

1. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках / Л.И. Глоба и др. // Химия и технология воды. – М., 1992. – Т. 14. – № 1. – С. 63-67.
2. Биотехнология предварительной очистки воды р.Днепр на Беляевской станции водоочистки / Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк, Н.Б. Загородная и др. // Химия и технология воды. – М., 1993. – Т. 15. – № 9-10.
3. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие для студентов вузов / М.Г. Журба, Ю.И. Вдовин, Ж.М. Говорова, И.А. Лушкин; под ред. Журбы М.Г./ -М.: ООО «Изд.АСТ», 2003. – С.108-116.

4. Биологическая предочистка природных вод с повышенным содержанием органических веществ: диссертация / М.В. Орлов. – Вологда, 1999. – С. 25-30.

ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Д.Н. Прахов

Научный руководитель А.Н. Тянин, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Поверхностные сточные воды, образующиеся на селитебной территории населенных мест, промышленных площадках переработки, хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов, а также сточные воды от мойки автотранспорта, относят к разряду загрязненных и требуют очистки перед сбросом в природную среду или при их дальнейшем использовании. Они содержат загрязнения минерального и органического происхождения, различной степени дисперсности. Оценка опасности данных сточных вод проводится путем определения концентраций загрязнений по следующим показателям физико-химического анализа: взвешенные вещества, ионы тяжелых металлов, соединения азота, нефтепродукты, БПК, ХПК и пр.

Величина концентраций загрязнений поверхностного стока зависит от следующих факторов:

- загрязненности воздушного бассейна;
- периода накопления загрязнений на поверхности водосбора;
- интенсивности снеготаяния;
- характера производства;
- интенсивности движения автотранспорта.

Концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах, образующихся на различных по видам площадях водосбора, характеризуется большим диапазоном разброса значений. Данные по исследованию содержания нефтепродуктов в поверхностном стоке, полученные в ГУП «Мосводоканал НИИ-проект» [1], представлены в табл.1.

Таблица 1

Вид площади водосбора	Концентрация нефтепродуктов, мг/л
Жилая застройка	15 - 25
Предприятия строительной индустрии	45 - 55
Автобусные парки	40 - 60
Автозаправочные станции	60 - 110

Нефтепродукты являются основным загрязняющим компонентом поверхностного стока. Под нефтепродуктами в аналитической терминологии понимают неполярные и малополярные углеводороды нефти. Процесс очистки нефтесодержащих сточных вод из-за многообразия фазового состояния загрязнений представляет собой сложную комплексную задачу, что обуславливает использование в схемах их очистки комбинаций различных методов очистки.

Традиционно в схемах очистки дождевых вод используются сооружения механической очистки: песколовки, отстойники, а также сооружения физико-химической очистки. В последнее время существующие схемы очистки дополняют механическими и сорбционными фильтрами. Выбор схемы очистки и состава сооружений проводят с учётом начальных концентраций нефтепродуктов, а также состава и концентраций прочих примесей.

После механической и физико-химической очистки в воде остаются нефтепродукты с концентрацией 5-20 мг/л, взвешенные вещества с концентрацией 10-30 мг/л, а также большая часть растворенных примесей.

Для дальнейшего снижения содержания нефтепродуктов широко используются процессы фильтрования [1, 2, 3, 4].

Эффективность работы фильтров зависит от уровня взаимодействия фильтрующей загрузки с присутствующими в воде нерастворенными загрязнениями. Удаление из воды нерастворенных нефтепродуктов до концентраций, равных 1,0 – 3,0 мг/л, решается за счет способности нефтепродуктов к адгезии на поверхности материала загрузки фильтра.

Извлечение из воды растворенных нефтепродуктов фильтрующей загрузкой происходит в том случае, когда эта загрузка по отношению к углеводородам нефти проявляет сорбционные свойства, т.е. является сорбентом. Решающим фактором, определяющим адсорбционную способность материала, является величина активной поверхности загрузочного материала. Общая величина поверхности складывается из внешней поверхности, которая в свою очередь зависит от размеров частиц загрузочного материала (обратно пропорциональна размеру частицы), и внутренней поверхности, образованной внутренними трещинами или порами частиц загрузочного материала. Непористые измельченные фильтрующие загрузки имеют поверхность около 1 м²/г, в то время как у некоторых активированных углей с большим объемом мезопор величина поверхности может достигать 1000 м²/г. Сравнительные данные сорбционной емкости отдельных материалов, составленные по данным [1, 2, 3, 4], приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные данные сорбционной емкости

Продукт	Плотность насыпная, г/см ³	Плотность пикнометрическая, г/см ³	Поглощение дизельного топлива зимнего вида, г/г	Поглощение зельного топлива летнего вида, г/г	Источник	Нормативный документ (ГОСТ)
Песок	1,60	2,78	0,220	0,220	Сосновский карьер, Лен. область	9 757-90
Вермикулит полидисперсный	0,150-0,40	0,393-0,437	3,412-7,2	3,473-7,3	«ОЗОН», СПб	12 865-67
Перлит	0,194-0,043	0,205-0,7	2,960-15,7	2,911-15,85	«Строй-перлит», Мытищи	10 832-91
Доломит, крошка	1,35	2,92	0,311	0,310	ООО «Новые строительные технологии», СПб	23 672-79
Известняк, крошка	0,919	2,36	0,550	0,556	ООО «Техснабсервис»	14 050-93
Ткань нитрон иглопробивная	0,102	2,40	7,700	7,910	АО «Мастерица»	16 919-79
Графит термовсученный интеркалированный	0,015	0,063	42,042	42,799	ООО «Газтурбо», СПб	23 463-79
Рисовая шелуха	0,344	0,944	1,529	1,557	-	экспер.
ТШР	0,092	1,14	8,950	-	ООО Химинжиниринг, Щелково	ТУ2114-011-02698192-2006
Торф дисперсный	0,130	0,560	4,889	4,977	Торфопредприятие №1, Назия, Лен.обл.	11 804-76
Поликарбонат дисперсный	0,020	0,143	35,597	36,238	НПФ им. Губкина, СПб	экспер.
Фторопласт дисперсный	0,495	2,106	1,280	1,285	НП Пластполимер	экспер.
Полипропилен дисперсный	0,102	2,014	7,744	7,775	НПФ им. Губкина, СПб	26 996-86
Полиэтилен дисперсный	0,066	0,218	8,767	8,784	Казань. Нефтеоргсинтез	16 337-77
«Мегасорб» (нетканый волоконистый материал)	0,015-0,025	-	35-40	-	ООО Иконцентр	-
ВЭС-1	0,07+ 10	-	7,4	-	ЭПЦМНИИЭКО ТЭК, Пермь	-
Лессорб-Экстра	0,06-0,076	-	12-17	-	ООО Лессорб, Брянск	-

Максимальный вклад в величину внутренней поверхности вносит поверхность мезопор диаметром более 1,0 нм и менее 25 нм. Наибольший эффект извлечения нефтепродуктов обеспечивают поры диаметром от 2 до 4 нм. Малая величина объема мезопор в поровом пространстве для отдельных сорбентов с большим общим объемом пор не позволяет снизить концентрацию растворенных нефтепродуктов более чем на 15 - 20 % [2].

Максимум адсорбционного взаимодействия между углеводородами нефти и фильтрующей загрузкой достигается при их «химическом родстве», обеспечиваемом присутствием в материале загрузки атомов углерода.

Сорбционная емкость материала оценивается величиной прироста единицы веса твердого материала сорбента в условиях установившегося равновесия с концентрацией адсорбата в воде.

Для очистки воды от нефтепродуктов предлагаются различные материалы, используемые в качестве загрузки для фильтров [2]. Данные материалы можно разделить по происхождению на группы:

- природные неорганические материалы;
- природные органические материалы;
- природные органические и органоминеральные материалы;
- синтетические материалы;
- активированные угли;
- строительные материалы и промышленные отходы.

Качество сорбентов определяется главным образом их емкостью по отношению к нефтепродуктам, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции нефти, возможностью десорбции нефти в процессе регенерации, доступностью утилизации загрязненного сорбента.

Для очистки воды от нерастворенных нефтепродуктов и одновременно от других нерастворенных примесей широко используют различные природные материалы, в том числе: кварцевый песок, антрацит, цеолит, диамитовые породы (главным образом рыхлый диатомит- кизельгур), туф, пемзу, угольный природный сорбент МИУ-С, торф и пр.

При использовании кварцевого песка в виде частиц размером 0,7 – 1,2 мм достигается снижение нефтепродуктов до 3 – 5 мг/л при одновременном извлечении из воды минеральных и органических взвешенных веществ. Преимуществом его применения является относительно небольшая стоимость и возможность осуществления интенсивной промывки, длительный срок использования.

Использование антрацитовых загрузок в двухслойном (с песком) фильтре создает лучшие условия очистки воды от нерастворенных в воде

примесей, чем применение антрацита в однослойном фильтре. В этом случае снижение содержания нефтепродуктов происходит до остаточной концентрации 1,5-2,5 мг/л за счет поверхности угля, создающей при контакте с углеводородами нефти большой потенциал действующих сил. В то же время внутренняя поверхность частиц антрацита мала и составляет до 2 м²/г.

Цеолиты - природные материалы вулканического происхождения, представляющие собой пористые кристаллические алюмосиликаты. Важнейшим свойством природных цеолитов является их адсорбционная способность. Размер входных окон достаточно велик (0,26 - 0,67 мкм), что способствует проникновению внутрь молекул и ионов большого количества неорганических и органических соединений. Другое важное свойство цеолитов - способность к катионному обмену без нарушения кристаллической структуры. Являясь по ряду свойств аналогами активированного угля и некоторых других видов сорбентов, природные и синтетические цеолиты обладают, по сравнению с этими сорбентами, преимуществами: более широкой гаммой полезных свойств, возможностью полноценной их регенерации, более низкой стоимостью.

Для природных неорганических материалов практически единственным методом регенерации загрузки фильтров является их промывка экстрагентами или водой с ПАВ.

Для увеличения эффективности извлечения нефтепродуктов природными материалами используется обогащение их углеродными добавками в процессе термической или химической обработки (вермикулит с различными пропитками, шунгит, модифицированный углеродным волокном, и пр.).

Многофункциональный угольный природный сорбент МИУ-С имеет особое строение внутренних пор и химическую структуру поверхности. При очистке воды с содержанием нефтепродуктов 5 - 20 мг/л в фильтре, загруженном МИУ-С на высоту 1-2 м, концентрация нефтепродуктов снижается до 0,6 - 1,2 мг/л [2]. Такой высокий эффект обусловлен высоким содержанием углерода в материале (около 80%), а также несравнимо большей активной поверхностью, чем у остальных природных материалов. Величина этой поверхности, создаваемая мезопорами диаметром 3-4 нм, достигает 120 м²/г. Применение МИУ-С позволяет не только достичь желаемой концентрации нефтепродуктов, но и уменьшить концентрацию в воде ионов тяжелых металлов и железа, фенолов, аммония и общего микробного числа.

Относительно высокая плотность МИУ-С (в сухом виде 700 кг/м³, а после 4-часового замачивания в воде - 1270 кг/м³) и высокая прочность

этого материала, произведенного из особого вида каменных углей, позволяет использовать большую скорость (около 20 м/ч) для промывки загрузки фильтра. Благодаря промывкам и регенерациям с частотой 1 - 2 раза в год ресурс МИУ-С достигает 7 лет, без регенерации – 2 -3 года [2].

При использовании торфа в качестве фильтрующего материала для удаления нерастворенных нефтепродуктов возникает возможность загрязнения очищаемой воды органическими примесями, присутствующими в торфе.

Для очистки нефтесодержащих вод до низких концентраций примесей существует много предложений по различным синтетическим материалам типа полипропилена, полиэтилена, пенополиуретана, пенополистирола и других с относительно большой поверхностью. Синтетические материалы нашли широкое и эффективное применение для удаления нефти с земли и водной поверхности.

Фильтры с пенополиуретановой, сипроновой или полипропиленовой загрузкой обеспечивают концентрацию нефтепродуктов в фильтрате 5-7 мг/л при поступлении на очистку воды с концентрацией 10 - 20 мг/л. Для использования синтетических материалов в качестве сорбентов для очистки воды до концентраций 0,6 - 0,7 мг/л в их состав вводится углерод. Чаще всего эти материалы являются одноразовыми. Из-за невозможности их регенерации они требуют замены после 3–6 месяцев эксплуатации. Загрузки на основе порошковых или волокнистых материалов создают повышенное гидравлическое сопротивление фильтрованию.

Наибольшей сорбционной емкостью обладают активированные угли. Для очистки сточных вод от нефтепродуктов нашли применение активированные угли АГ-3, АГ-5, БАУ, ДАК, ОУ и пр. Общий объем фильтрующей загрузки из активированного угля может быть меньше на 20 - 30% объема фильтра с загрузкой из МИУ-С. Несколько большая глубина очистки получается на активированном угле БАУ в том случае, когда в составе нефтепродуктов преобладает содержание хорошо растворимых в воде ароматических углеводородов [2]. Из-за наличия микропор в поровом пространстве и соответственно аддитивной сорбции различных органических веществ, присутствующих в воде помимо нефтепродуктов, регенерация активированных углей проводится по сложной технологии активации.

ООО «Химинжиниринг» разработана технология получения нового сорбента для очистки воды - термообработанной шелухи риса (ТШР) [3]. Шелуха риса - уникальный растительный материал, содержащий аномально высокое количество коллоидного кремнезема, целлюлозы и полисахаридов. Термообработка шелухи риса приводит к карбонизации

полисахаридов и образованию активного углерода (активированного угля) на активной двуокиси кремния (примерно 50% на 50%). Исследования ТШР в Санкт-Петербургском технологическом университете показали высокую сорбционную активность по бензолу и фенолу из воды, аналогичную березовому активированному углю БАУ.

При утилизации данного сорбента поглощенные продукты могут быть отжаты под давлением 1-2 атм. Сорбент же с остатками нефтепродукта может быть либо термически уничтожен, либо использован как наполнитель асфальтобетонов. Для удобства использования ТШР начаты работы по созданию гранулированного сорбента на основе ТШР.

Достаточно часто для очистки нефтесодержащей воды от концентраций 5-20 мг/л до 5-6 мг/л используются различные отходы - ватного производства, асбестовых волокон, птичьего пера и прочие. Эффективность применения этих материалов тем больше, чем больше их активная поверхность и чем больше углерода в их составе. Эти материалы обычно используются в конструкциях оборудования без возможности промывки, поэтому имеют одноразовое применение.

Фильтрующие загрузки из отходов производства - кокса и полукокса, а также керамзит имеют аналогичные антрацитовым загрузкам показатели извлечения из воды нефтепродуктов [2, 4].

При замене фильтрующих загрузок решаются вопросы не только приобретения новых материалов, но и утилизации отработанных. Самые большие трудности возникают при утилизации отработанных синтетических материалов, так как они биологически не разрушаются, а их сжигание приводит к загрязнению воздуха отравляющими веществами. При использовании природных сорбентов существует возможность их повторного использования в различных целях или утилизации с применением безвредной термической обработки.

Для глубокой очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов применяют комплексный метод, сочетающий механическую, физико-химическую очистку с последующей доочисткой на фильтрах. Перспективным является применение загрузок фильтров на основе материалов строительной индустрии и отходов производства. В каждом конкретном случае в зависимости от степени загрязнения поверхностных сточных вод необходимо проводить исследования и подбор фильтрующих материалов для их доочистки.

При выборе фильтрующих материалов для очистки нефтесодержащих вод следует комплексно анализировать ряд показателей:

- эффективность загрузки по удалению нефтепродуктов;

- капитальные затраты - стоимость фильтрующей загрузки и ее доставки;
- эксплуатационные затраты: длительность работы фильтрующего материала без замены, условия и стоимость промывки и регенерации, трудоемкость перегрузки, доступность приобретения, а также стоимость фильтрующего материала при его замене, условия и стоимость утилизации отработанного материала;
- гидравлическое сопротивление в слое фильтрующего материала в процессе фильтрования;
- возможность одновременно с нефтепродуктами очищать воду от других загрязняющих компонентов, не загрязняя ее дополнительно.

Литература

1. Малинина, И.В. Усовершенствованная технология очистки поверхностных сточных вод / И.В. Малинина, Г.П. Варюшина // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 8. – С. 72 – 73.
2. Тарнопольская, М.Г. Фильтрующие материалы для очистки воды от нефтепродуктов и критерии их выбора / М.Г. Тарнопольская // Вода и экология: проблемы и решения. – 2005. – № 3. – С. 74 – 79.
3. Новые эффективные сорбенты (поглотители) на основе шелухи для сбора проливов и очистки вод / А.А. Хохряков, А.А. Ежелев, С.В. Половцев [и др.] // Вода и экология: проблемы и решения. – 2007. – № 3. – С. 46 – 52.
4. Бутовский, М.Э. Станция глубокой очистки промливневых сточных вод автопредприятия / М.Э. Бутовский, В.В. Дзюбо // Автотранспортное предприятие. – 2008. – № 11. – С. 46-47.

МОЛОЧНЫЙ НАПИТОК НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОПЕПТИДОВ

И.С. Разумникова, О.О. Бабич, О.В. Козлова

*Научный руководитель А.Ю. Просеков д-р техн. наук, профессор
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
г. Кемерово*

Актуальность задач здравоохранения определяется, в первую очередь, их социальной значимостью: необходимостью защиты отдельных групп населения от социально опасных заболеваний, включая артериальную гипертонию и ее осложнения.

В Российской Федерации сложилась напряженная эпидемиологическая ситуация, связанная с резким ростом заболеваемости артериальной гипертонией, являющейся не только одним из основных факторов риска развития заболеваний системы кровообращения и смертности населения от них, но и самым распространенным заболеванием.

Результаты выборочного обследования населения показали, что общее количество больных артериальной гипертонией в возрасте 15 лет и старше достигает в России более 41,6 млн человек, хотя, по данным официальной статистики, в 2000 году в стране зарегистрировано всего 7,2 млн таких больных, из них 4,6 млн больных имеют осложнения в виде тяжелых болезней сердца и сосудов головного мозга [1].

Ситуация, связанная с ростом сердечно-сосудистых заболеваний, представляет собой прямую угрозу здоровью населения, а наносимые ею потери приводят к значительному экономическому ущербу.

В последние годы во всем мире особое внимание уделяется созданию специализированных и лечебных продуктов. Это продукты специального назначения, предназначенные для систематического употребления в составе пищевых рационов, сохраняющие и укрепляющие здоровье за счет наличия в их составе веществ, обладающих способностью оказывать благоприятный эффект на физиологические функции и процессы обмена веществ в организме. Кроме того, специализированные и лечебные продукты играют важную роль в предотвращении возникновения различных заболеваний и укреплении здоровья.

Правильно организованное питание с включением специализированных и лечебных продуктов способствует благоприятному течению болезни, повышению защитных свойств организма, активизирует течение анаболических процессов, что, в конечном итоге, ведет к восстановлению здоровья [2].

При этом значительно повысился интерес к структуре и функциям низкомолекулярных пептидов, полученных в результате направленного ферментативного гидролиза полноценных белков молока, выполняющих в организме ряд специфических биологических функций.

Биологически активные пептиды в организме человека оказывают влияние на функции центральной нервной системы, проявляют иммуномодулирующее действие, влияют на процессы агрегации тромбоцитов и высвобождение вазоактивных простагландинов, регуляцию эндокринной функции поджелудочной железы, желудочной секреции и моторики, проявляют пребиотическое действие, стимулируя рост нормальной симбиотической микрофлоры и, одновременно, подавляя рост в кишечнике условно патогенных, в том числе потенциально патогенных микроорганизмов. Ряд биологически активных пептидов, образующихся при ферментативном гидролизе белков молока, могут проявлять *in vivo* свойства ингибитора ангиотензин-конвертирующего фермента и, как следствие, способствовать снижению кровяного давления [3].

В этой связи, на страницах журналов «Science» и «Nature» обсуждается возможность использования некоторых ферментативных гидролизатов пищевых белков в составе специализированных продуктов и добавок к пище, предназначенных для профилактики артериальной гипертензии.

В настоящее время ассортимент молочных продуктов функционального назначения, оказывающий антигипертензивное действие на организм человека, представлен в основном продуктами зарубежного производства, которые не всегда доступны российскому потребителю из-за их высокой стоимости.

В этой связи, целью настоящего проекта является разработка экологически безопасной ресурсосберегающей технологии производства отечественных функциональных молочных продуктов направленного действия с использованием биологически активных пептидов.

Наличие биологически активных пептидов, полученных из белков молока, открывает возможности инновационных биотехнологий в молочной отрасли, что является актуальным и позволяет, наряду с расширением ассортимента функциональных продуктов, способствовать развитию отечественной пищевой индустрии.

Литература

1. Трифонов С.В. Ресурсное обеспечение профилактики и лечения артериальной гипертензии в Российской Федерации // Экономика здравоохранения.- 2001.- №11-12.

2. Покровский, В.И. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В.И. Покровский, Г.А. Романенко, В.А. Княжев, Н.Ф. Герасименко, Г.Г.Онищенко, В.А. Тутельян, В.М. Позняковский.- Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2000.- 234 с.

3. Тутельян, В.А. Физиологическая роль коротких пептидов в питании / В.А. Тутельян, В.Х. Хавинсон, В.В. Малинин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.- 2003.- Т. 135.- № 1.

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРЫ

А.Е. Румянцев

*Научный руководитель Л.И.Соколов, д-р техн. наук, профессор
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Проблема дефицита и качества питьевой воды становится все актуальнее для многих регионов мира. По заключению экспертов ООН хуже всего обеспечены водой страны Ближнего Востока, Африки, Средней Азии, Мексики и Северного Китая, а сложности с обеспечением населения чистой водой существуют в Бельгии, Индии, Пакистане, Туркмении, Казахстане, Узбекистане, также в некоторых районах США, Испании, России и на Украине.

Пресная вода стремительно превращается в дефицитный природный ресурс и может в XXI веке стать дороже нефти.

Ежегодно продается свыше 100 млрд литров питьевой воды, в основном в пластиковой расфасовке, а прибыли в отрасли питьевой воды уже достигают 40% от прибыли нефтяных компаний и больше прибыли фармацевтических компаний.

Существует много источников получения питьевой воды, один из них – генерирование воды из атмосферы.

К настоящему времени разработано множество установок для генерации воды из атмосферного воздуха. Все установки основаны на принципе доведения окружающего воздуха охлаждением до температуры ниже «точки росы».

По характеру мобильности установки можно подразделить на:

- мобильные; эти установки имеют малые габариты, небольшой вес, относительно малое энергопотребление, легки в эксплуатации, но имеют относительно малую производительность (до 40 л/сут), при влажности воздуха до 40%.

- стационарные; эти установки более крупных размеров могут быть применены как в квартирах, так и на производствах, обладают большой производительностью (от 25л/сут до ок.12000л/сут), необходимой влажностью не меньше 60%, большими энергозатратами.

Многие установки работают при определенной влажности и определенной температуре окружающей среды.

Также установки можно подразделить по наличию солнечных батарей:

- на установки с солнечными батареями и без них.

На многих установках присутствуют многоступенчатые системы очистки входящего воздуха.

Существует способ, основанный на использовании сорбционно-десорбционных процессов поглощения паров воды из воздуха с их последующей конденсацией. Основной областью использования предложенного метода является производство чистой воды преимущественно бытового и сельскохозяйственного назначения.

Для работы установок по данному способу необходимы затраты тепловой энергии на десорбцию влаги и электрической энергии на перемещение воздушных потоков и для других операций.

В качестве тепловой энергии при этом способе могут быть использованы отбросное тепло технологических процессов (например, выхлопные газы тепловых двигателей, солнечная радиация, тепло сгорания топлива и другие).

В случае использования этого же топлива стоимость получаемой воды будет близка к стоимости водопроводной. На этапе сорбции водяные пары избирательно поглощают сорбентом из парогазовой смеси. На стадии десорбции происходит выделение паров воды и их концентрация до величины, необходимой для осуществления их концентрации при температуре окружающей среды. Интенсивность процессов сорбции зависит от вида сорбента, параметров и расхода парогазовой смеси. Интенсивность процессов десорбции в основном зависит от количества и параметров подводимого тепла. Возможность получения конденсата из пара, выделившегося при десорбции, является одним из главных преимуществ метода. В этих установках гарантируется конденсация водяного пара при любых возможных температурах наружного воздуха. Такой эффект достигается за счет концентрации водяных паров в процессе десорбции, что обеспечивается конструктивными и схемными решениями. Тепло конденсации передается окружающей среде путем охлаждения конденсатора наружным воздухом либо промежуточным теплоносителем. При

уменьшении влагосодержания воздуха эффективность работы установки уменьшается.

Установка для получения биологически чистой пресной воды при конденсации влаги из атмосферного воздуха (№ патента 2185482).

Установка для получения биологически чистой пресной воды при конденсации влаги из атмосферного воздуха содержит солнечные батареи, холодильную систему, водосборник, воздухопровод, вентиляционную систему и конденсатор, в качестве которого в нее введена изготовленная из нержавеющей стали изогнутая в змеевик трубка, на внешней стороне которой выдавлены сферические лунки, а прямолинейные участки которой расположены вертикально и сплющены в направлении, перпендикулярном воздушному потоку. Технический результат заключается в увеличении эффективности работы установки за счет уменьшения затрат энергии на вентиляцию воздуха и улучшении качества получаемой пресной воды за счет создания условий, неблагоприятных для роста микрофлоры на стенках теплообменника, без снижения эффективности работы установки.

Установка работает следующим образом. В светлое время суток электроэнергия от солнечных батарей поступает на холодильный агрегат, который вырабатывает холод. С помощью вентиля холодильный агрегат подключается к термоизолированной емкости. Находящаяся в ней жидкость с помощью гидронасоса прокачивается через холодильный агрегат и охлаждается, в результате в термоизолированной емкости аккумулируется холод. Затем термоизолированная емкость с помощью вентиля отключается от холодильного агрегата и подключается к теплообменнику-конденсатору. Когда влажность воздуха достигает величины, близкой к 100%, включаются гидронасос и вентилятор. С их помощью холодная жидкость и влажный воздух пропускаются через конденсатор. Содержащийся в воздухе водяной пар конденсируется на его поверхности, а находящиеся в нем капли улавливаются каплеуловителем и захваченная влага стекает в водосборник.

Недостатками установки являются большие затраты энергии в вентиляционной системе на прокачку воздуха и сложность проведения очистки поверхности конденсатора от микроскопической пыли, которая, собираясь в углах стыков оребрения трубок конденсатора, образует влажный субстрат, где развивается вредная микрофлора.

Наиболее близкой к изобретению является установка для получения биологически чистой пресной воды при конденсации влаги из атмосферного воздуха, содержащая солнечные батареи, холодильную систему, водосборник, воздухопровод, вентиляционную систему и конденсатор. В ее работе используется солнечная энергия. В воздуховоде размещены испари-

тель холодильного агрегата и вентилятор. Установка также содержит систему для озонирования воды, получаемой в результате работы установки.

Установка работает следующим образом. За счет электроэнергии, получаемой от солнечных батарей, холодильный агрегат производит холод, который выделяется на теплообменнике-испарителе. Влажный воздух с помощью вентилятора продувается через воздуховод, в котором расположен испаритель. В результате контакта с поверхностью теплообменника-испарителя воздух охлаждается, содержащийся в нем пар становится насыщенным, частично конденсируется на поверхности теплообменника и стекает в водосборник, откуда вода поступает в специальную емкость, где происходит обеззараживание воды путем озонирования.

Недостатком данной установки являются большие энергозатраты и низкая производительность.

Задачей изобретения является увеличение эффективности работы установки за счет уменьшения затрат энергии на вентиляцию воздуха и улучшение качества получаемой пресной воды за счет создания условий, неблагоприятных для роста микрофлоры на стенках теплообменника, без снижения эффективности работы установки.

Element four

Основной продукт компании Element four называется "Водяная мельница" (WaterMill).

Она собирает до 12 литров воды в сутки для различных домашних нужд и при этом обладает приятным дизайном. Владельцы могут не беспокоиться о наличии в собранной жидкости токсинов и бактерий. Специальные системы заботятся о затратах устройством как можно меньшего количества энергии (а в скором времени установку можно будет подсоединить к альтернативным источникам энергии). На специальном экране отображается информация о температуре, относительной влажности и количестве полученной влаги.

Воду, полученную с помощью WaterMill, можно использовать в разных целях. Например, подключить прямо к крану. Также подойдут офисный кулер, холодильник и увлажнитель воздуха (иллюстрация Element Four).

AirWater Corporation

AirWater Corporation специализируется на установках, поставляющих воду в количестве от 100 до 5000 литров в день. Правда, и габариты у этих аппаратов соответствующие.

В арсенале этой фирмы присутствуют мобильные устройства и те, что одновременно делают лёд. У Air Water Corporation уже существуют решения для ирригации и отдалённых районов, в которых их продукт

может работать от солнечных батарей (кстати, эта компания производит и их тоже).

Мобильный генератор воды из воздуха от AirWater Corporation. Внутри прицепа есть не только раковины, но и душевые кабины (фото AirWater Corporation).

Air2Water

Устройства, разработанные компанией Air2Water, дают от 3 до 38 литров воды в сутки, то есть являются не столь уж большими.

Принцип работы этих машин соответствует всем остальным, хотя есть и некоторые отличия: поначалу воздух проходит электростатические фильтры, которые задерживают около 93% взвешенных частиц. Конденсированная вода проходит освещение ультрафиолетовой лампой в течение 30 минут (на этом этапе умирает 99,9% микробов и бактерий), затем отделяется осадок, на угольных фильтрах задерживается около 99,9% вредных летучих органических веществ, а микропористая мембрана отделяет вирусы. Но и это ещё не всё – каждый час воду в контейнере снова обрабатывают ультрафиолетом.

Основное производство аппаратов сосредоточено в Китае и Сингапуре, хотя доставка осуществляется по всему миру.

Aquaair – американское дочернее предприятие RG Global Lifestyles, появившееся на свет в 2004 году. Её конёк, пожалуй, в том, что кроме просто высасывания влаги из воздуха она специализируется ещё и на системах очистки питьевой воды (результат – пятиступенчатый фильтр).

Кстати, на сайте компании можно найти калькулятор, который позволяет приблизительно подсчитать расход воды на разные нужды в течение года.

Средний срок жизни системы от Aquaair составляет 15-20 лет.

При этом плановые проверки нужно проводить раз в год, а малые фильтры менять раз в 30 дней.

Другие компании.

Австралийская фирма AirtoH₂O тоже делает воду из воздуха и гордится тем, что насобирала более 360 тысяч литров живительной влаги.

Её продукция почти ничем не отличается от других таких же мелких производителей: китайского Water Master и расположившегося в Техасе AquaMaker.

Добавим, что о цене литра воды, полученной от любой из установок, говорить сложно. Однако все производители заявляют о том, что именно у них самые низкие затраты энергии, а стоимость литра оценивается от 1 до 15 американских центов.

Вообще, подсчёт таких значений – сложное дело, ведь стоимость литра драгоценной жидкости зависит от вместимости генератора (ежегодного выхода воды), а также от влажности и температуры за его бортом.

Отметим также, что существуют альтернативные методы получения воды из воздуха. Основные же выводы таковы: направление это определённо перспективное, полезное для людей и почти безвредное для окружающей среды.

Однако вряд ли любая из существующих компаний сможет решить мировую проблему нехватки чистой питьевой воды. Отчасти из-за того, что недостаточно крупны пока что производители воды из воздуха. Кроме того, граждан развитых стран не так-то просто научить ценить природные ресурсы, а бедным странам вряд ли по карману обеспечить всех своих жителей удобным и достаточно простым источником воды в виде описанных генераторов.

Мобильная установка для получения питьевой воды из атмосферного воздуха.

Разработанная установка представляет собой компактный, легкий переносной прибор, способный производить питьевую воду из атмосферного воздуха при влажности, значительно ниже 100% (эксперимент проведен при относительной влажности 40% и температуре 18⁰С). Эксперимент показал, что в результате охлаждения воздуха в приборе до точки росы конденсат выпадет на экранизирующую металлическую пластину в виде водяного монослоя (тонкой пленки), который не смешивается со следующими слоями молекул воды и тем самым проявляет гидрофобные свойства. При определенных режимах достигалось обмерзание экранизирующей пластины. А переполюсовка обеспечивала активное таяние льда и накопление выделенной воды в объеме сосуда. За один час работы опытного устройства удавалось собрать 100 мл воды, несмотря на то что установка имеет неоптимальные результаты.

Отрасли использования: туризм, сельское хозяйство. Условия использования: чрезвычайные ситуации, экологически неблагоприятные и засушливые районы. Полученная вода хорошо аэрирована. Не содержит микроорганизмов, соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, является дешевой.

В результате сравнения разных установок для генерации воды из воздуха мы пришли к выводу, что данная установка является наиболее мобильной, обладает средними показателями производительности, очень малым энергопотреблением, благодаря чему она может получить широкое распространение.

Литература

1. Научно-технический портал. [html/www.ntpo.com/patents.water](http://www.ntpo.com/patents.water).
2. РОЛ. [html/www.rol.ru](http://www.rol.ru).
3. Специальные-internet новости. [html/www.truba.ua](http://www.truba.ua).
4. Новости. [html/www.project-invest.org](http://www.project-invest.org).
5. Все о воде. [html/www.o8ode.ru/article](http://www.o8ode.ru/article)
6. Агентство научно-технической информации. Научно-техническая библиотека [html/www.sciteclibrary.ru](http://www.sciteclibrary.ru).
7. Переработка мусора::WebDigest. [html/www.new-garbage.com](http://www.new-garbage.com).
8. Концепт-студия Контур. [html/www.contur.in.ua](http://www.contur.in.ua).
9. Фильтры для очистки воды. [html/www.aqua-filter.ru](http://www.aqua-filter.ru).
10. Просто вода. [html/www.prostovoda.net](http://www.prostovoda.net).
11. Новости мира. [html/www.nau.ucoz.ru](http://www.nau.ucoz.ru).
12. IBIK ЮГ. Кодифицирование. Отопление. Вентиляция. [html/www.ivik.od.ua](http://www.ivik.od.ua).
13. Казахстанский портал. [html/www.news.nur.kz](http://www.news.nur.kz).
14. Патент России 2185482.
15. Российский государственный гидрометеорологический университет. [html/www.rshu.ru](http://www.rshu.ru).
16. Информационный синдикат. [html/www.neonemad.ru](http://www.neonemad.ru).
17. Информационный ресурс. [html/www.ecology.md](http://www.ecology.md).
18. Сайт о воде. [html/www.drwater.ru](http://www.drwater.ru).
19. Перспективные технологии и новые разработки. [html/www.sibpatent.ru](http://www.sibpatent.ru).
20. Технология получения воды из воздуха в промышленных масштабах. [html/www.informnauka.ru](http://www.informnauka.ru).

ДЕФОСФОТАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА СТАДИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СМЕСЬЮ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ

С.О. Смольянинова, Е.А. Есина

Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Глубокое удаление биогенных веществ – азота и фосфора в настоящее время является одной из основных проблем очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Накопление массы этих соединений в вод-

ных объектах является причиной их эвтрофикации: процесса, сопровождающегося цветением воды и чрезмерным развитием водорослей, особенно зеленых, сине-зеленых и диатомовых, нарушением жизнедеятельности рыб. Продукты метаболизма водорослей придают воде неприятный запах, могут вызвать кожные аллергические реакции и желудочно-кишечные заболевания у людей и животных [1].

Известны физические, физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости. Удаление всех форм биогенных веществ методами биологической очистки представляет собой сложный многостадийный процесс, который требует различных условий среды: аэробных, анаэробных, аноксидных, различного аппаратного оформления сооружений и существенно увеличивает приведённые затраты. Для глубокого удаления фосфора наиболее доступными, легкоосуществимыми и высокоэффективными для очистки больших объемов сточных вод на действующих городских станциях аэрации считаются физико-химические методы, предусматривающие использование реагентов на основе соединений кальция, растворимых солей железа и алюминия на различных стадиях очистки. Однако эти способы тоже имеют недостатки, так как при удалении из сточной жидкости соединения фосфора может происходить загрязнение очищенной воды и осадков, в зависимости от применяемых реагентов: ионами железа, кальция, алюминия, а также хлоридами и сульфатами. Для предотвращения негативных последствий от применения реагентов необходимы технологические исследования по подбору реагента и разработке технологии его использования с учётом особенностей состава исходной сточной воды [2].

В ходе данных исследований решалась задача разработки технологии по глубокому удалению фосфора из сточных вод на очистных сооружениях канализации г. Вологды на основе смеси минеральных реагентов: сульфата алюминия и сульфата железа в различных соотношениях.

Объектом исследования являлись очистные сооружения города Вологды, введенные в эксплуатацию в 1964 году, реконструированные в 1968 году и 1990 годах.

Проектная производительность ОСК 150 тыс. м³ в сутки.

Сточные воды, принимаемые на ОСК г. Вологды, представляют собой смесь хозяйственно-бытовых стоков от города и производственных стоков с промышленной зоны (комбинат Хлебопродуктов, завод Металлоизделий, Мясокомбинат, Льнокомбинат, ДОК «Вологодский», ЖБИ).

В связи с продолжительным сроком эксплуатации ОСК г. Вологды большая часть сооружений подверглась физическому износу, устарели применяемые технологии, изменились требования к условиям выпуска

очищенной сточной воды в водоприемники. Актуальной стала проблема внедрения более эффективной технологии удаления биогенных веществ: азота и фосфора.

МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал» получил грант на реконструкцию блока биологической очистки и перевода его в режим нитрификации-денитрификации. Внедрение модернизированной таким образом технологии биологической очистки должно решить проблему глубокого удаления соединений азота. При этом проблема глубокого удаления фосфора решается лишь частично и применение реагентов должно решить её полностью.

Для изучения кинетики процессов физико-химической дефосфотации хозяйственно-бытовых сточных вод на ОСК г. Вологды были проведены исследования по подбору оптимальной дозы реагентов в смеси сульфат железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Обоснование точки ввода реагента на технологической схеме было подробно рассмотрено ранее в [3].

Эксперименты проводились в следующем порядке:

1. Отбирались пробы воды в канале перед песколовкой;
2. В исследуемую воду добавлялись в качестве реагентов растворы сульфата железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Доза реагента подбиралась исходя из соотношений $[\text{P}]:[\text{Me}]$ в пределах от 1:0,5 до 1:10 в пересчете на объем в 100 см^3 . Необходимое количество реагента взвешивалось на технических весах в соответствии с заданными соотношениями $[\text{P}]:[\text{Me}]$. Далее в каждый цилиндр со сточной водой, взятой из определенной точки, добавлялся взвешенный сухой реагент соответствующей массы. Проба из каждого цилиндра тщательно перемешивалась, отстаивалась в течение 30 минут, фильтровалась, затем в ней определялось содержание ортофосфатов.

3. Сравнивалось остаточное и начальное содержание ортофосфатов, азота, остаточного железа и остаточного алюминия в исследуемой воде, определялся максимальный эффект очистки воды и по нему выбиралась оптимальная доза каждого реагента. Опыт повторялся 3 раза, методом наименьших квадратов определялось расчетное значение эффективности дефосфотации.

4. По формуле

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{исх.фосф}} - C_{\text{ост.фосф}}}{C_{\text{исх.фосф}}} \cdot 100, \%,$$

рассчитывалась эффективность удаления соединений фосфора смешанным реагентом и были построены диаграммы зависимости $\mathcal{E} = f([\text{P}]:[\text{Me}])$.

5. Обобщённые результаты исследований представлены на рис.1, 2, 3.

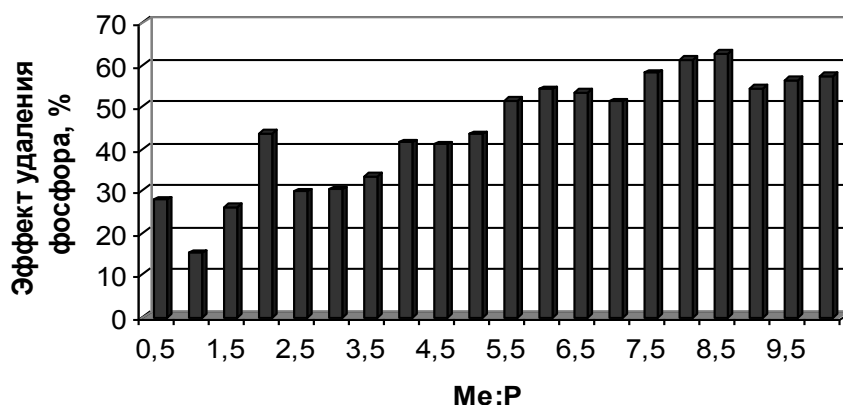


Рис. 1. Динамика эффективности удаления фосфора при соотношении в смеси $Al:Fe=4:1$

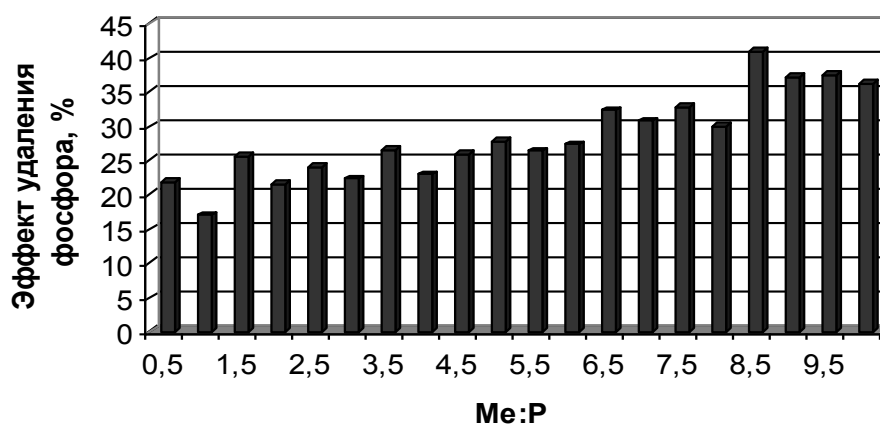


Рис. 2. Динамика эффективности удаления фосфора при соотношении в смеси $Al:Fe=3:1$

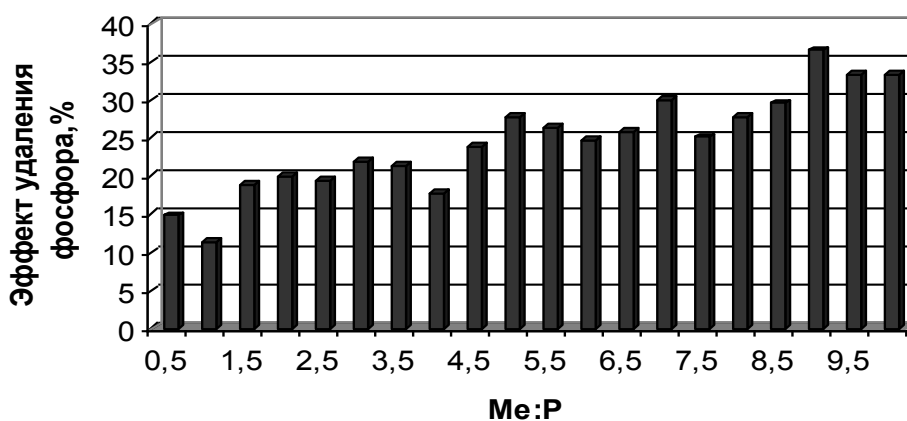


Рис. 3. Динамика эффективности удаления фосфора при соотношении в смеси $Al:Fe=2:1$

Сравнительный анализ полученных данных выявил, что наиболее эффективной по технико-экономическим показателям дозой реагента является соотношение $Al:Fe = 4:1$, при этом максимальный эффект удаления фосфора - 47 - 65%. Одновременно наблюдалось снижение концентрации аммонийного азота в сточной воде после ввода реагента в канал перед песколовкой, это показано на диаграмме рис.4.

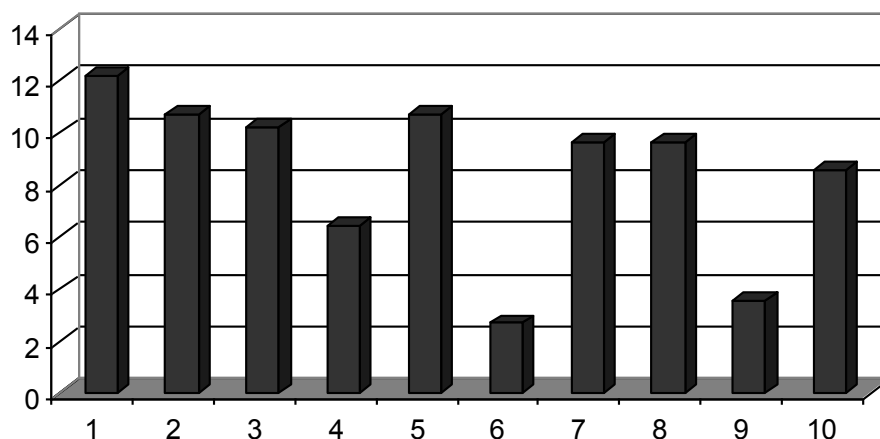


Рис. 4. Динамика удаления аммонийного азота при соотношении в смеси $Al:Fe=4:1$

При использовании в качестве реагента $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ необходимо контролировать остаточные концентрации Fe и Al, во избежание процессов ингибирования биологической очистки. Диаграммы изменения содержания в сточной воде остаточного железа и алюминия представлены на рис 5 и 6.

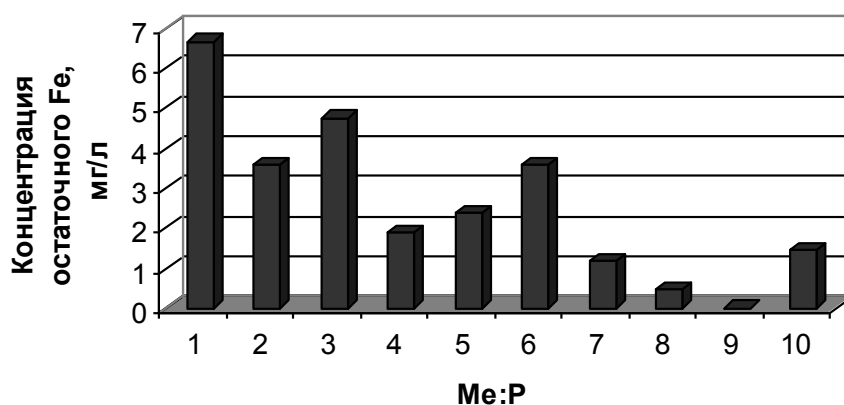


Рис. 5. Содержание остаточного железа при соотношении $Al:Fe = 4:1$

По представленным результатам эксперимента видно, что при увеличении дозы коагулянта, концентрации остаточного железа возрастают, поэтому применение сульфата железа в больших дозах нежелательно.

При этом необходимо учитывать наличие ионов железа и алюминия в исходной воде (4,08 мг/л и 1,67 мг/л). При соотношении $[Al^{3-}]:[Fe^{2-}]=4:1$ содержание остаточного железа превысило ПДК в несколько раз, максимальная концентрации составила 6,5 мг/л, минимальная – 0,45 мг/л.

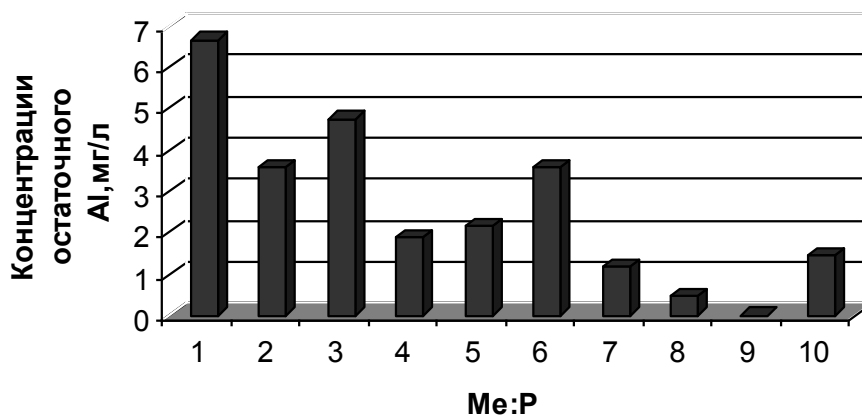


Рис. 6. Содержание остаточного алюминия при соотношении $Al:Fe = 4:1$

По результатам экспериментов видно, что во всех опытах содержание остаточного алюминия не превышает пороговую концентрацию по этому ингредиенту для нормального протекания процесса биологической очистки. На выпуске в водоприемник допустимая концентрация по содержанию ионов алюминия установлена на уровне 0,087 мг/л. После обработки смешанным реагентом фактическое содержание в сточной воде этого металла составит в среднем 3мг/л. Однако после песколовок, куда планируется ввод реагента для дефосфотации, по технологической схеме очистки расположены другие сооружения: первичные и вторичные отстойники и аэротенки. Это даёт уверенность, что на выпуске остаточное содержание металлов будет находиться в пределах норматива. Хотя этот вывод требует экспериментального подтверждения результатами дальнейших исследований.

Литература

1. Яковлев, С.В., Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов.– М.: АСВ, 2002. – 704с.
2. Зейфман, Е.А., Интенсификация процессов очистки сточных вод от биогенных элементов/ Зейфман Е.А., Лебедева Е.А., Тихановская Г.А.- Вологда: ВоГТУ, 2004. – 116с.
3. Есина Е.А. Сборник научных трудов. Минск, 2009. – 393 с. – ISBN 987-985-525-145-4.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ СТОКАМИ В СИСТЕМУ ВОДООТВЕДЕНИЯ

И.Г. Турава

Научные руководители: Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент

Н. А. Хромцова, канд. техн. наук

Вологодский государственный технический университет

г. Вологда

ВВЕДЕНИЕ

Для снижения экологических рисков в работе коммунальных очистных сооружений, рассчитанных на стабильный режим водоотведения, необходима система регулирования приёма сточных вод от предприятий в городскую канализационную сеть в соответствии с барьерными возможностями очистных станций как по объёмам, так и по количеству поступающих на обработку загрязнений.

Для решения вопросов повышения эффективности работы и снижения негативного влияния неравномерности в режиме водоотведения необходимо регулирование сброса сточных вод, образующихся в технологических процессах, в городскую систему водоотведения. Для реализации этих принципов при сбросе сточных вод в городскую систему водоотведения необходимо создание базы данных и разработка системы управления стоками в виде информационной технологии.

Такая информационная технология переводит поступление стоков в систему водоотведения в область регулируемых процессов, в которых максимальное использование информации о процессах и динамике поступления сточных вод позволяет добиваться более высоких результатов по режиму стоков. Главным достоинством реализации этой системы является возможность получения тактической и стратегической, упреждающей, прогнозируемой заранее информации о потенциальных рисках. Тактическая информация позволяет своевременно принять оперативные решения, а стратегическая, рассчитываемая по лимитируемым показателям, спрогнозировать возможную нагрузку на очистные сооружения и привести её в соответствие с их барьерными возможностями. В итоге разрабатываются рекомендации по возможному регулированию стоков.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве экспериментальной площадки для разработки информационной технологии управления поступлением стоков в систему водоотведения города выбран один из промышленных центров, расположенных в Вологодской области. Для этого объекта разработана блок-схема информационной технологии управления стоками, которая приведена в [1].



Рис. Блок-схема информационной технологии управления стоками

Предлагаемая технология состоит из четырёх составляющих блоков в виде системных процедур. Первый – информационно-аналитический блок, в котором обеспечивается накопление, хранение и анализ достоверности исходной информации о расходах и качестве сточных вод абонентов системы водоотведения. Второй – блок исследований барьерных возможностей очистных сооружений и расчёта лимитов на сбросы сточных вод от абонентов. Третий – блок прогнозных исследований и аналитической экспертизы состояния элементов и абонентов системы водоотведения и локальных очистных сооружений предприятий. Четвёртый – блок управления системой водоотведения в расчётном режиме и контрольный мониторинг показателей системы для пополнения базы исходных данных.

Наиболее приемлемой средой для реализации этой технологии является программный продукт MS ACCESS.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Очистка сточных вод на очистных станциях является наиболее распространенным и эффективным водоохранным мероприятием. Поэтому одним из основных путей повышения эффективности капитальных вложений, выделенных на осуществление водоохранных мероприятий, является определение оптимальной степени очистки сточных вод на существующем очистном сооружении при соблюдении заданного качества воды в контрольном створе. Это может быть достигнуто при известных параметрах и режимах работы локальной системы управления, которые определяются в зависимости:

- от расхода и качества воды водного объекта до створа выпуска сточных вод;
- от требований к качеству воды в ближайшем контрольном створе;
- от закономерностей трансформации качества воды между створом выпуска и контрольным створом;
- от расхода и качества сбросных вод;
- от возможностей регулирующих воздействий.

Возможности регулирующих воздействий определяются качеством воды путем изменения расхода водотока, содержания в воде растворенного кислорода, температуры и степени очистки сточных вод.

Взаимосвязь процессов очистки и работы самого очистного сооружения синтезируется в математическую модель, на которой в дальнейшем создается система автоматического управления.

Для описания процесса очистки, определяющего трансформацию состава и свойств загрязненной воды, используется математическая модель, которая предназначена также для оценки долгосрочного функционирования очистного сооружения и должна учитывать естественные изменения показателей качества воды и характеристики потоков. Поэтому модели проектирования требуют длинного ряда наблюдений во времени и частого отбора проб (один раз в сутки или в пятидневку). Такая частота позволяет выделить из случайных отклонений любую авторегрессионную компоненту, присутствующую в наблюдаемых функциях. Упрощенные операционные правила, при помощи которых производят управление системой, должны относиться не только к количественным ограничениям, но и к ограничениям на качество воды.

Цель данного исследования – определение важнейших различий между изучаемыми участками очистной системы и определение наиболее часто встречающихся типобразующих показателей, характеризующих качество воды.

Исходные данные представлены массивом значений пяти показателей (расход, температура, азот аммонийный, БПК₅, ВВ, рН) качества воды по 9 контрольным створам системы, значения показателей оценены по состоянию на 2002 – 2004 гг.

Матрица исходных данных

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ik} & \dots & X_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{w1} & X_{w2} & \dots & X_{wk} & \dots & X_{wn} \end{pmatrix},$$

где w – число контрольных створов;

n – число показателей;

x_{ik} – значение показателя k для i -го контрольного створа.

Ввиду различия единиц, в которых выражены показатели качества воды, проводится стандартизация показателей для каждого створа, после чего рассчитываются элементы матрицы расстояний между контрольными створами.

Матрица расстояний

$$L = \begin{pmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1i} & \dots & l_{1p} & \dots & l_{1w} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2i} & \dots & l_{2p} & \dots & l_{2w} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{i1} & l_{i2} & \dots & 0 & \dots & l_{ip} & \dots & l_{iw} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{p1} & l_{p2} & \dots & l_{pi} & \dots & 0 & \dots & l_{pw} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{w1} & l_{w2} & \dots & l_{wi} & \dots & l_{wp} & \dots & 0 \end{pmatrix},$$

где l_{ip} обозначает расстояние между контрольными створами i и p .

Выбираются различные уровни расстояний и на каждом уровне получают свое разбиение исходных объектов на кластеры. Каждый контрольный створ рассматривается первоначально как отдельный кластер, затем на каждом шаге алгоритма объединяются два самых близких контрольных створа, что соответственно преобразует матрицу расстояний. Работа алгоритма заканчивается, когда все контрольные створы объединены в один кластер.

Содержательный логический анализ исходных показателей качества воды выполняется с помощью факторного анализа, сущность которого состоит в математически обоснованной замене числа показателей, по которым исследуются контрольные створы, меньшим числом комплексных характеристик, не сокращая при этом первоначального объема информации.

На основе факторной матрицы и матрицы исходных данных вычисляются факторные веса (численные значения выявленных факторов для каждого контрольного створа), по которым определяются контрольные створы с разной степенью проявления того или иного фактора. Таким образом, после сокращения числа показателей качества воды многомерные элементы приводятся к одномерному виду, т.е. на основе многих показателей появляется один синтетический показатель.

ВЫВОДЫ

Применение методов факторного и кластерного анализов позволяет получить подмножества показателей качества воды с сильной корреляцией показателей внутри каждой группы и слабой корреляцией или полным отсутствием корреляции между показателями, входящими в разные группы.

Комплексная факторная оценка может быть основой для ранжирования и классификации источников загрязнения по их вкладу в общее загрязнение.

Литература

1. Восточноевропейская региональная конф. молодых ученых и специалистов водного сектора IWA: Сборник научных трудов. Минск, 2009. – 393 с. – ISBN 987-985-525-145-4/.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ШАХТНЫХ ВОД РУДНИКА «КАРНАСУРТ» В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Тютин

Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда

Промышленно-обогащительный комплекс «Карнасурт» расположен в поселке Ревда Мурманской области РФ. Является самостоятельным юридическим лицом. Ведет добычу, обогащение и получение товарного лопаритового концентрата. Предприятие имеет весь комплекс вспомогательных цехов и служб. Водопотребление и водоотведение горно-обогащительного комплекса обеспечивается двумя водозаборами свежей воды и четырьмя выпусками.

Шахтные воды горно-обогащительного комплекса и Карнасуртского рудника формируются в результате вскрытия водоносных горизонтов подземными горными выработками. Сброс шахтных вод промплощадки «Карнасурт» осуществляется в поверхностные водотоки р. Сергевань, которая является притоком первого порядка озера Ловозеро, имеющего первую категорию водоема рыбохозяйственного назначения. Сбросы осуществляются с 1958 года с начала интенсивной разработки месторождения.

Образующиеся при добыче руды шахтные воды формируются, в основном, трещинными водами кристаллического массива и в результате инфильтрации атмосферных осадков. В составе загрязнений имеют место взвешенные вещества, нефтепродукты, соединения фтора, железа и марганца. Взвешенные вещества поступают в шахтные воды вследствие смыва с поверхностей измельченных частиц породы. Нефтепродукты - керосин, бензин, мазут - в шахтные воды поступают от работающих машин и механизмов. Соединения фтора в стоках являются следствием растворения инфильтрационными водами лопаритовых руд (минерал виллиамит) с содержанием фтора до 3,5%. Приток шахтных вод значительно изменяется в течение года и, как следствие, имеют место значительные колебания концентраций загрязняющих веществ: резкий подъем расходов и объемов загрязняющих веществ наблюдается в период весеннего паводка. Фактический суточный объем шахтных вод, рассчитанный по производительности насосов, составляет в среднем – 27,5 тыс. м³/сутки, двумя потоками: безнапорным - по полиэтиленовой трубе – 9,2 тыс. м³/сутки; напорным – по металлической трубе – 18,3 тыс. м³/сутки, средний часовой приток –

1,15 тыс.м³/час: по полиэтиленовой трубе – 0,383 тыс.м³/сутки, по металлической трубе – 0,77 тыс.м³/сутки. Учет объема шахтных вод ведется по фактической производительности насосного оборудования. Динамика расходов сточных вод по данным учёта приведена на диаграмме рис. 1. Балансовая схема формирования стока шахтных вод представлена на рис 2.

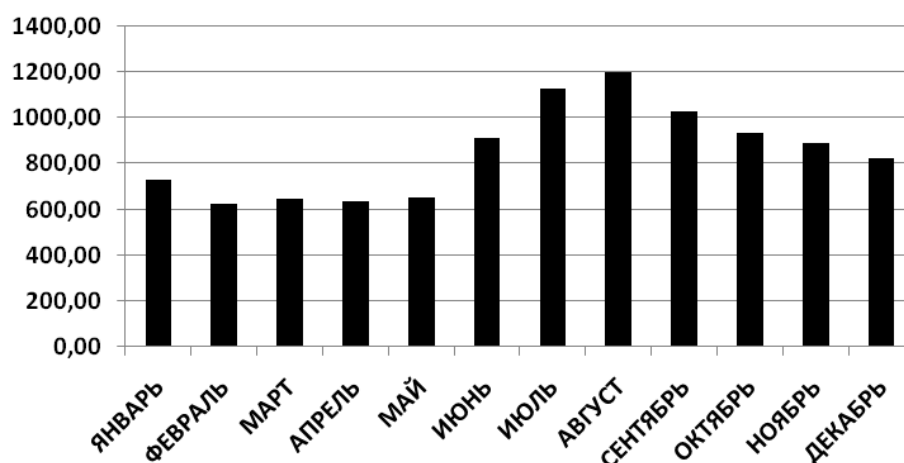


Рис. 1. Динамика расходов сточных вод

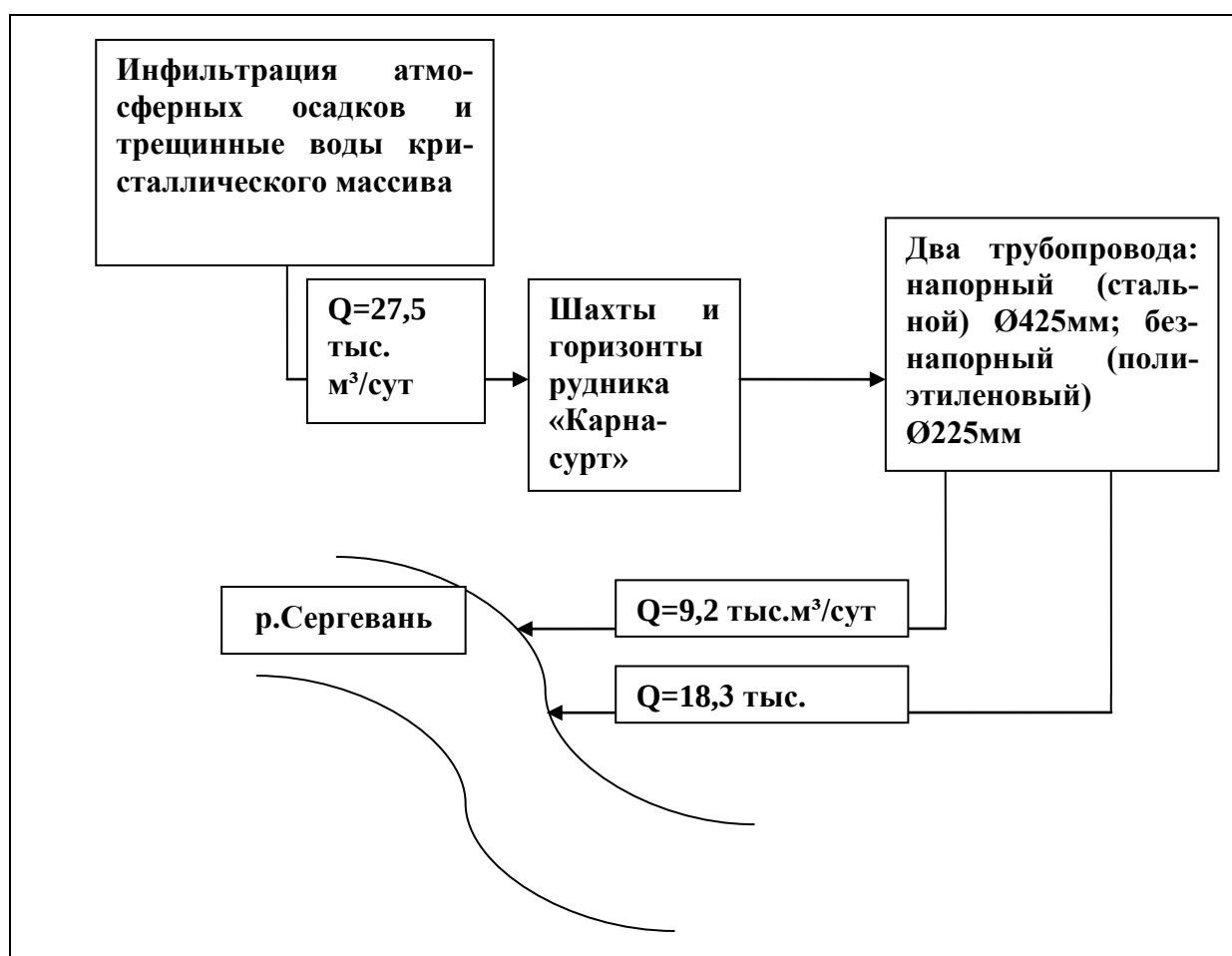


Рис. 2. Балансовая схема формирования стока шахтных вод

Данные рис.1 показывают, что изменчивость расходов формируют атмосферные осадки и поверхностный сток, так как максимальные значения расходов наблюдаются в тёплый период года. В зимнее время объёмы шахтных вод относительно постоянны во времени.

Анализ данных наблюдений за качеством сточных вод показывает, что основным преобладающим в стоке загрязняющим веществом является фтор. Периодически имеют место превышения концентраций железа и марганца. Изменчивость в содержании этих загрязнений представлена на диаграмме рис. 3, 4, 5.

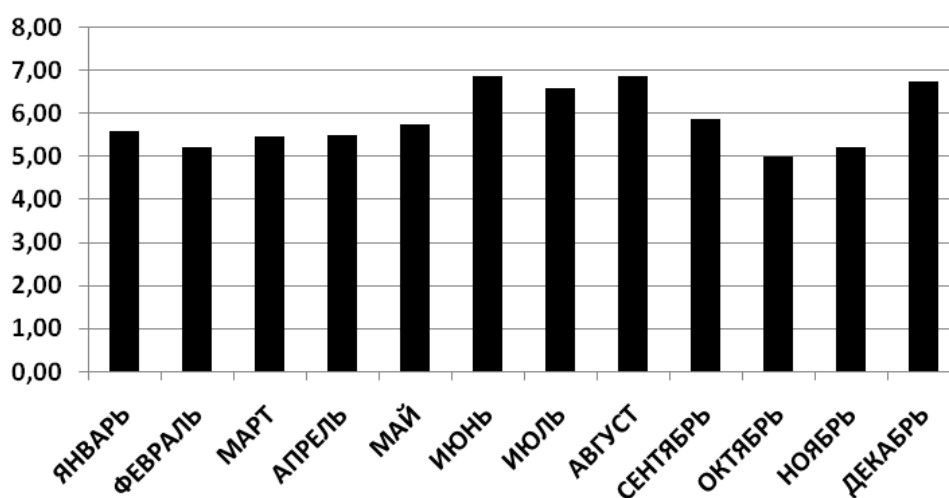


Рис. 3. Содержание фтора в шахтных водах

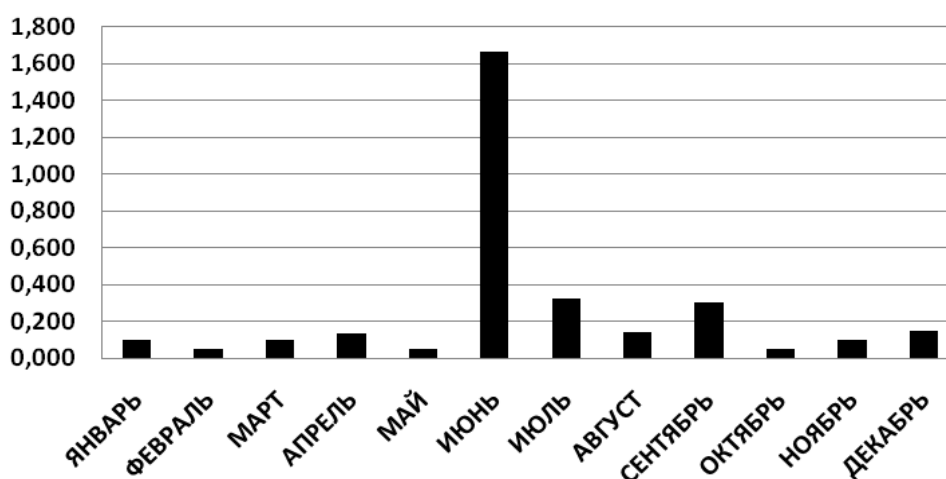


Рис. 4. Содержание железа в шахтных водах

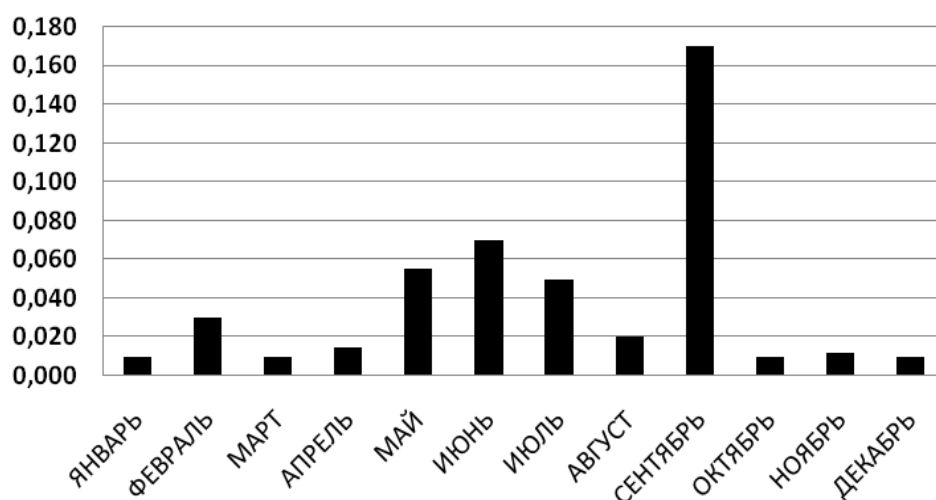


Рис. 5. Содержание марганца в шахтных водах

В рамках данной работы для поиска закономерностей в формировании объёмов и массы загрязнений стока шахтных вод был выполнен корреляционный анализ, результаты которого представлены на графиках рис. 6,7,8 и в таблице.

Таблица

Корреляционные зависимости показателей стока

Наименование показателей стока		Уравнение линии Тренда	Коэффициент корреляции
(x)	(y)		
Расход, тыс. м ³	Фтор, мг\л	$y=0,002x+4,210$	0,568
БПКполн, мгО ₂ /л	Фтор, мг\л	$y=0,480x+5,292$	0,442
Нефтепродукты, мг/л	Фтор, мг\л	$y=3,311x+5,545$	0,609
Взвешенные вещества, мг/л	Фтор, мг\л	$y=0,022x+5,780$	0,161
Сухой остаток, мг/л	Фтор, мг\л	$y=0,072x+0,522$	0,784
Хлориды, мг/л	Фтор, мг\л	$y=-0,273x+6,497$	0,110
Сульфат-анионы, мг/л	Фтор, мг\л	$y=-0,142x+6,295$	0,338
Аммоний-ион, мг/л	Фтор, мг\л	$y=-4,639x+6,176$	0,399
Нитрат-анион, мг/л	Фтор, мг\л	$y=-0,276x+6,425$	0,339
Нитрит-анион, мг/л	Фтор, мг\л	$y=75,72x+5,075$	0,315
Фосфаты по (P), мг/л	Фтор, мг\л	$y=2,832x+4,614$	0,628
СПАВ, мг/л	Фтор, мг\л	$y=32,52x+5,530$	0,300
Железо, мг/л	Фтор, мг\л	$y=0,836x+5,676$	0,540
Марганец, мг/л	Фтор, мг\л	$y=2,947x+5,782$	0,195
Медь, мг/л	Фтор, мг\л	$y=218,4x+5,473$	0,329

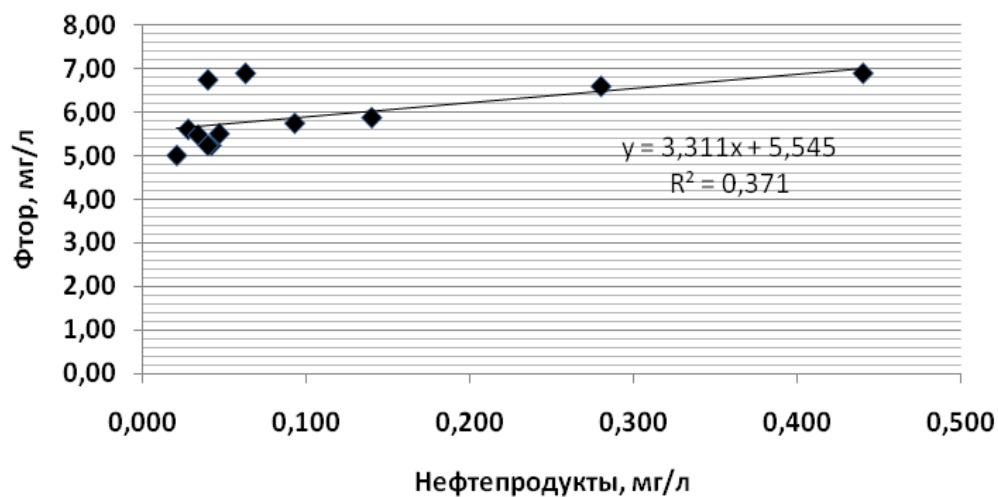


Рис. 6. Зависимость содержания фтора в шахтных водах от нефтепродуктов

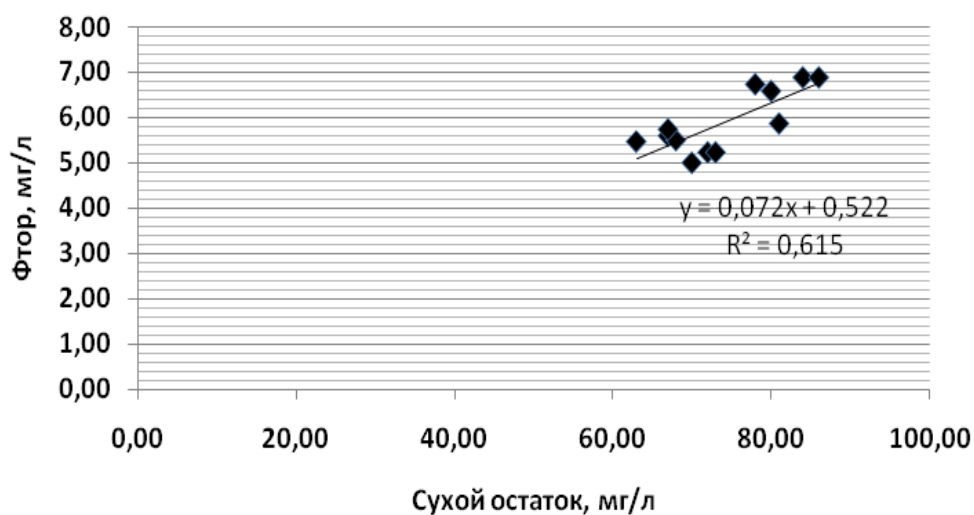


Рис. 7. Зависимость содержания фтора в шахтных водах от сухого остатка

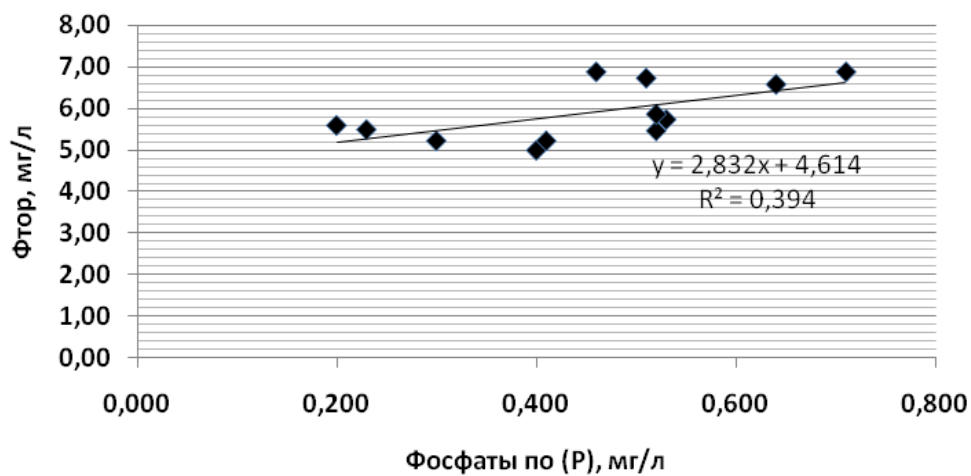


Рис. 8. Зависимость содержания фтора в шахтных водах от фосфатов по P

Результаты проведенного анализа показали, что наиболее ярко и убедительно в динамике качества шахтных вод прослеживается зависимость между содержанием ионов фтора и концентрацией нефтепродуктов. Это указывает на наличие влияния на качество стоков по содержанию фтора интенсивности разработки пород в штреках рудника. Следовательно, для разработки мероприятий по снижению содержания фтора в шахтных водах в первую очередь нужно рассматривать особенности технологии добычи лопаритовых руд и возможности снижения массы этого загрязняющего вещества путём оптимизации производственного процесса, то есть провести поиск вариантов снижения объёма загрязнений в источнике. Вторым этапом в разработке водоохранных мероприятий для данного объекта является подбор технологии очистки сточных вод.

Литература

1. Проектное задание /корректировка/ расширения и реконструкции комбината на базе Умбозерского месторождения. Часть: водоснабжение, канализация и хвостовое хозяйство. Том 4. Гиредмет, март 1976 год.
2. Цех очистки шахтных вод от фтора / «Гиредмет»: Обосновывающие материалы строительства, 1986 год.
3. Свидетельство 02-19. И384 Zhany Xi-xiang/Wang Mei, Duan De-zhi. Sichuan.
4. Unin. Eng. Sci. Ed. 2001.33 №6 с.111-113. 14 Wiegleb K. Zum Einsatz von Dacarbolith in der Wasseranfbereitung.-«Wasserwirtschaft – Wassertechnik», 1967, №10

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СНИЖЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ХПК ПРИ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКЕ МОЛОЧНЫХ ОПОЛОСКОВ ОТ МОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.А. Феоктистова

*Научный руководитель Е.А. Лебедева, канд. техн. наук, доцент
Вологодский государственный технический университет
г. Вологда*

Санитарная обработка технологического оборудования и трубопроводов является неотъемлемой частью технологического процесса при производстве молочных продуктов. От эффективности мойки оборудования и трубопроводов зависит качество конечной продукции. На сегодняшний день самым эффективным способом санитарной обработки

оборудования на предприятиях молочной промышленности является использование установок с автоматическим управлением - это установки и комплектные участки для циркуляционной мойки оборудования и трубопроводов в автоматическом режиме.

В процессе производства молочных продуктов на молочных предприятиях образуется ряд стоков. Среди них можно выделить смывные воды от санитарной обработки технологического оборудования, основными компонентами которых являются молочный белок, жир и лактоза и компоненты моющих растворов и дезинфектантов.

В настоящее время только 15 % предприятий отрасли обеспечены локальными очистными сооружениями, поэтому основная масса образующихся стоков сбрасывается для очистки в лучшем случае на коммунальные очистные сооружения, в худшем - в водоёмы без необходимой очистки.

Экологические нормативы на сброс стоков в этом случае превышаются, поэтому возрастает экономическое давление на предприятия со стороны водоканалов и контролирующих органов. Перед специалистами молкомбинатов стоит проблема поиска вариантов эффективных технических и технологических решений для совмещения, с одной стороны, жёстких требований санитарных правил и норм к процессам производства пищевых продуктов и, с другой стороны, условий выпуска сточных вод в системы водоотведения, установленные в городах, где расположены предприятия, или в водоприемники.

Основными загрязнениями сточных вод молочной промышленности являются органические нерастворимые и растворимые загрязнения, определяемые по показателям жиры, взвешенные вещества, ХПК и БПК, а так же реакция среды, оцениваемая по показателю рН, так как производственные сточные воды от технологических процессов молочной промышленности содержат щелочи и кислоты.

В качестве объекта исследования выбран производственный кооператив «Вологодский молочный комбинат» - специализированное предприятие по производству, заготовке, переработке, хранению, реализации оптом и в розницу и сбыту сельскохозяйственной, продовольственной продукции (маслодельной, сыродельной и молочной) и продуктов питания.

В данных исследованиях оценивалась эффективность реагентных методов кондиционирования стоков предприятия до нормативов приёма их после очистки в городской коллектор водоотведения. В качестве реагента для исследований был выбран хлорид натрия. В процессе экспериментов были проведены опыты по подбору оптимальной дозы реагента (хлорида натрия), а также оптимального значения рН для наиболее эф-

фективного осаждения загрязнений и оптимального соотношения реагента по металлу к ХПК для достижения необходимого эффекта коагуляции органического вещества молочных ополосков.

Для определения пределов изменения значений ХПК в исследуемом стоке на предприятии были отобраны пробы вод в течение суток с интервалом через час. В пробах определялось содержание органических веществ по ХПК и рН. Динамика ХПК в сточной воде предприятия в течение суток представлена на графике рис.1. По графику максимальное значение ХПК сточной воды в течение суток в интервале 17-18 часов и составляет 3352 мгО₂/л.



Рис. 1

Для выявления зависимости между концентрацией органических загрязнений по ХПК и содержанием молочного продукта в молочных ополосках был проведён лабораторный эксперимент и построена калибровочная кривая, которая показана на рис. 2. Максимальному значению ХПК сточной воды в течение суток (3352 мгО₂/л), согласно графику, соответствует содержание молочного продукта в стоке в пропорции 1:20.

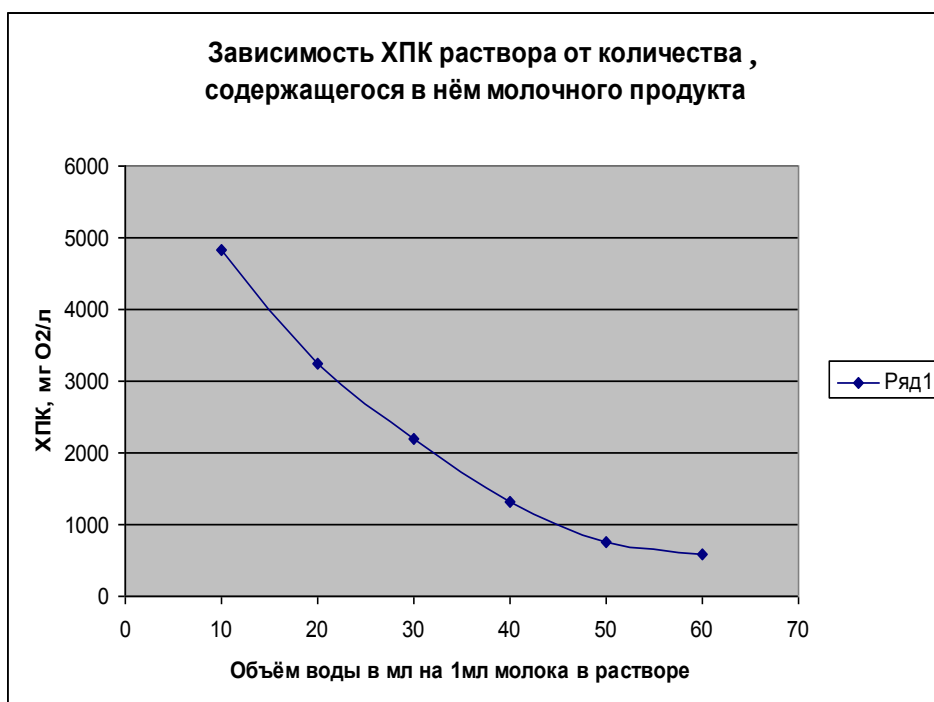


Рис. 2

Определение оптимальной дозы реагента для осветления молочных ополосков проводилось по итогам серии опытов на модельных растворах в лаборатории ВоГТУ. Модельный раствор готовился из молока и водопроводной воды по соотношению компонентов для максимального значения ХПК. В исследуемую пробу (содержание молочного продукта - 1:20, при котором значение ХПК составляет 3352 мгО₂/л) добавлялся в качестве реагента хлорид натрия методом сухого дозирования. Доза реагента подбиралась исходя из соотношения $[Me] : [ХПК]$ в пределах от 1:0,5 до 1:6. Необходимое количество реагента взвешивалось на технических весах в соответствии с заданными соотношениями $[Me] : [ХПК]$. Далее в каждый цилиндр со сточной водой добавлялся взвешенный сухой реагент, проба из каждого цилиндра тщательно перемешивалась, отстаивалась в течение 30 минут, фильтровалась, затем в ней определялось остаточное содержание органических веществ по ХПК.

Сравнивалось остаточное и начальное содержание органических загрязнений по ХПК в исследуемой воде, определялся максимальный эффект осветления воды и по нему выбиралась оптимальная доза реагента. Каждый опыт проводился в 3 повторностях, расчетное значение эффективности снижения ХПК определялось из трёх результатов, как среднее арифметическое значение, которое заносилось в итоговую таблицу. Для проведения исследований был составлен математический план, согласно которому проводились 4 серии опытов.

Полученные результаты использовались при составлении математической модели и выводе эмпирической зависимости для расчёта необходимой дозы реагента для получения требуемого эффекта осветления.

Опыты повторялись при различных значениях pH в диапазоне от 1 до 7.

Обработка результатов экспериментов и построение математической модели процесса снижения ХПК сточных вод согласно результатам полного факторного эксперимента представлены на рис.3, 4 и в таблице.

Перевод значений Д в относительные единицы

$$C_{\text{реаг. по Ме}} : C_{\text{исх. (ХПК)}} = 0,5 \div 6, \quad X_1 = 0,36D - 1,18$$

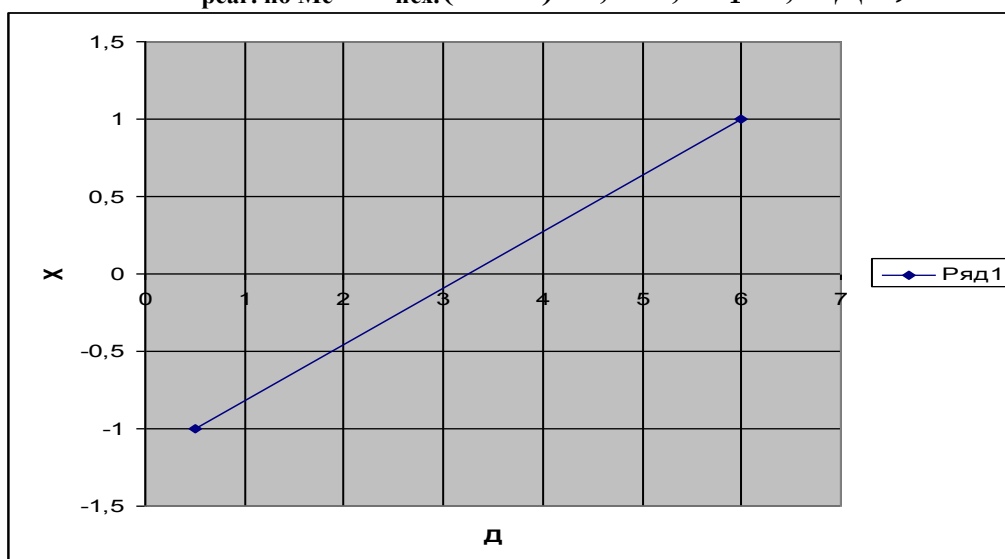


Рис. 3

Перевод значений pH в относительные единицы

$$pH = 1 \div 7, \quad X_2 = 0,33 pH - 1,33$$

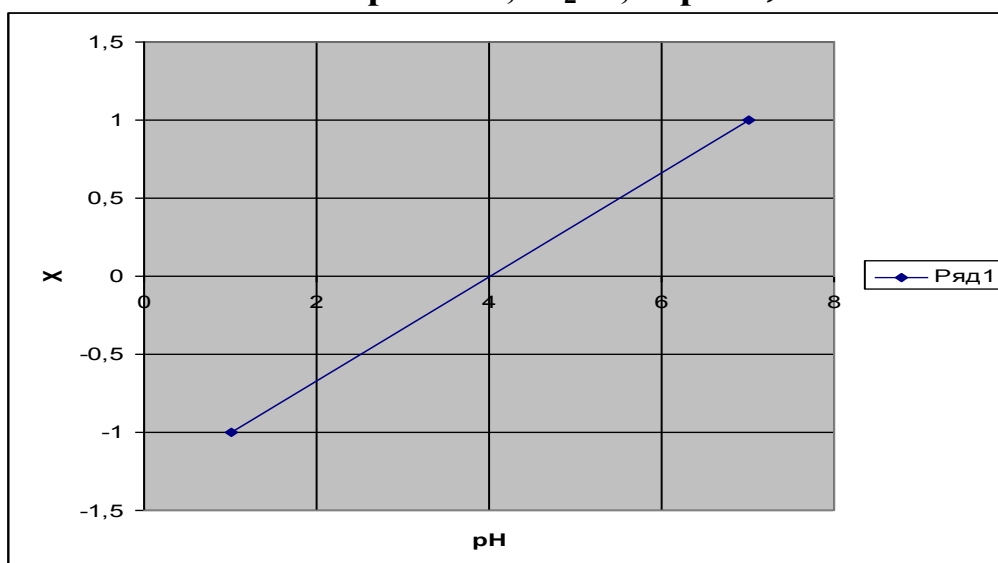


Рис. 4

Таблица

Матрица планирования ПФЭ типа $N=2^2$ и обработка его результатов

N строки G	Порядок реализации опытов			Матрица планирования эксперимента				Результаты эксперимента			Обработка результатов		Адекватность	
	k_1	k_2	k_3	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	Y_{g1}	Y_{g2}	Y_{g3}	$\tilde{Y}$	S_g^2	$\tilde{Y}_g$	$(\tilde{Y}_g - \tilde{Y})^2$
1	1	2	3	+	-	-	+	24,78	25,6	24,78	25,053	0,224	25,05	0,000009
2	3	4	1	+	+	-	-	48,86	49,14	47,73	48,577	0,557	48,57	0,000049
3	2	1	4	+	-	+	-	34,17	32,87	34,15	33,73	0,554	33,73	0
4	4	3	2	+	+	+	+	45,22	44,98	44,53	44,91	0,123	44,91	0
Σ											152,27	1,458		0,000058

При первичной обработке результатов экспериментов пользуемся формулами $\bar{Y}_g = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_{ij}$ и $S_g^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_{ig} - \tilde{Y}_g)^2$, а затем проверяем воспроизводимость опытов по формуле $G = \frac{\max\{S_g^2\}}{a} \langle G_{кр}(q; v_1; v_2) \rangle$.

$$G = \frac{0,5573}{1,4582} = 0,382 \langle G_{кр} = 0,7679$$

Таким образом, подтверждена воспроизводимость опытов (отсутствие в данных грубых промахов), что позволяет, в свою очередь, найти среднюю дисперсию строчных выборок опытов по формуле

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N S_g^2.$$

$$S^2\{Y\} = \frac{14582}{4} = 0,3645$$

$$v_3 = 4(3-1) = 8 \text{ степеней свободы}$$

Оценки коэффициентов уравнения регрессии ищутся по формуле:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N z_{ig} \bar{Y}_g.$$

$$b_0 = \frac{25,053 + 48,577 + 33,73 + 44,91}{4} = 38,065$$

$$b_1 = \frac{-25,053 + 48,577 - 33,73 + 44,91}{4} = 8,675$$

$$b_2 = \frac{-25,053 - 48,577 + 33,73 + 44,91}{4} = 1,255$$

$$b_3 = \frac{25,053 - 48,577 - 33,73 + 44,91}{4} = -3,085$$

Проверяем значимость оценок коэффициентов по критерию Стьюдента по формуле $t_i = \frac{|b_i|}{\sqrt{s^2\{b_i\}}} = \frac{|b_i|}{\sqrt{s^2\{Y\}}} \sqrt{N \cdot m}$, предварительно найдя дисперсию оценок по формуле $S^2\{b_i\} = \frac{s^2\{Y\}}{N \cdot m}$.

$$S^2\{b_i\} = \frac{0,3645}{4 \cdot 3} = 0,304; \sqrt{S^2\{b_i\}} = 0,1743$$

$$t_1 = \frac{8,675}{0,1743} = 49,771$$

$$t_2 = \frac{1,255}{0,1743} = 7,2$$

$$t_3 = \frac{3,085}{0,1743} = 17,699$$

Табличное значение критерия $t_{кр}=2,306$, поэтому все найденные оценки коэффициентов признаются значимыми и должны войти в модель:

$$\tilde{Y} = 38,065 + 8,675x_1 + 1,255x_2 - 3,085x_1x_2.$$

Для определения адекватности по формуле $S_{ad}^2 = \frac{1}{N-d} \sum_{g=1}^N (\bar{Y}_g - \tilde{Y}_g)^2$ необходимо сначала найти числовые значения модели $\tilde{Y}_g$ для каждой g -й строки матрицы планирования, а затем подсчитать сумму квадратов разностей между модельным значением и средним арифметическим $\tilde{Y}_g$ той же строки.

Тогда критерий Фишера по формуле $F = \frac{S_{ad}^2}{S^2\{Y\}} \leq F_{кр}(q; v_{ad}; v_3)$ дает

$$F = \frac{0,000058}{0,3645} = 0,000159 < 1,$$

что доказывает адекватность найденной модели.

Согласно формулам перевода значений из относительных координат в характеристики сточной воды это уравнение принимает следующий вид:

$$\mathcal{E} = 21,316 + 4,601D - 1,64pH - 0,367D * pH,$$

где $\mathcal{E}$ - эффективность удаления фосфатов ($\mathcal{E} = \frac{C_{исх.ХПК} \cdot C_{ост.ХПК}}{C_{исх.ХПК}} \cdot 100\%$);

D – отношение $C_{\text{реак. по Me}} : C_{\text{исх. (ХПК)}}$, которое будет находиться в пределах от 0,5 до 6;

pH – водородный показатель (находится в пределах от 1 до 7).

В результате проведения исследований доказана возможность использования для частичного осветления молочных ополосков от санитарной обработки технологического оборудования хлорида натрия в качестве реагента. Подобраны оптимальные условия протекания процессов. На основе исследований получена эмпирическая зависимость, которую можно использовать при проектировании и эксплуатации сооружений для осветления стоков с предприятий по обработке молока и производству молочных продуктов.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Технические проблемы в машиностроении и на транспорте»

Бахтурин Е.А. О применении метода конечных элементов в технологическом проектировании	4
Брынин Е.А. Разработка методики исследования вибрации в зоне резания	9
Ермолаева А.А. Краткий информационный обзор и анализ систем автоматизированного управления предприятием.....	17
Колесниченко Д.А. Экспериментальные данные по возбуждению асинхронной машины с короткозамкнутым ротором в генераторном режиме.....	21
Кузнецов Н.А. Мобильная автономная мойка и мобильный шиномонтаж – инновации в традиционных видах бизнеса	25
Малышева Н.В. Краткий информационный обзор и анализ использования систем управления жизненным циклом изделий на машиностроительных предприятиях.....	29
Печерских П.В. Инженерный анализ узлов крепления угловых стоек блок-контейнеров для строительства быстровозводимых сооружений	35
Полиновский С.А. Экспериментальная установка для предварительного удаления влаги из листов шпона	40
Раков В.А. Разработка системы контроля и управления нагрузкой ДВС гибридного привода для исключения неустойчивых и переходных режимов работы.....	43
Сальников А.Ю., Коровушкин В.Д., Пронин А.Н. Особенности применения водородного топлива на автомобилях.....	48
Смирнов А.В. Разработка модели гибридного привода для изучения системы контроля и управления нагрузкой ДВС	51
Стратий И.В. Методика исследования физико-механических свойств снега.....	54
Шишова А.П. Анализ методов и систем идентификации деталей машиностроения	58

Эйсмонт Д.В. Разработка мобильных реанимационных систем на базе перфузионной техники	64
---	----

Секция «Инженерно-технические проблемы в строительстве»

Андросенко А.А., Валов И.А. К выбору оптимального способа и средства по переработке твердых бытовых отходов	70
Боровков В.А. Автономное устройство контроля термовлажностных параметров среды	74
Другова Н.В. Разработка энергоэффективной системы автономного теплоснабжения для индивидуального строительства	79
Емельянов А.А. О системах вентиляции административного здания по улице Мира, 1 в городе Вологде	83
Зинина Е.В., Корякина А.О. Разработка частной методики расчета надежности несущих железобетонных элементов при ограниченной информации	85
Зугрова В.О. Размещение газовых датчиков	92
Карепина С.Л. Использование неравенства Чебышева для описания неполноты информации в задачах расчетов надежности	97
Карнов Д.Ф., Павлов М.В. Разработка инженерной методики определения среднемесячных тепловых потерь и теплопоступлений от солнечной радиации через непрозрачную ограждающую конструкцию для условий города Вологды	104
Кузнецова Т.М. О системах вентиляции производственного корпуса по выпуску большеформатной фанеры на комбинате «Новатор» в Великоустюгском районе	112
Максимов А.С. Применение резиновой крошки в технологиях дорожного строительства и метод определения адгезии с помощью спектрофотометра	116
Павлов М.В., Карнов Д.Ф. К построению математической модели тепловых почвенных процессов	123
Попов А.В. Влияние микроструктуры на прочностные свойства материалов на основе вторичного полипропилена	131

Редькин А.Н. Расчет надежности металлической балки покрытия по критерию прочности при ограниченной статистической информации.....	134
Рыбина Ю.В., Смирнова Е.В., Суханов И.А. К разработке мобильной установки по оттаиванию мерзлого грунта при строительно-ремонтных работах.....	140
Харичев М.Н. Пример выполнения численного исследования для расчета малозаглубленного фундамента	145

Секция «Экология, водоснабжение, водоотведение»

Бакина С.А. Анализ возможности использования воды р. Вологды в оборотных системах охлаждения промышленных предприятий...	147
Беспоместных К.В., Короткая Е.В. Использование тест-систем в молочной промышленности	153
Виноградова А.В., Жаравина Н.Г. Создание гибкой технологии управления процессами коагуляции в технологических схемах водоподготовки.....	159
Галактионов А.Н. Сравнительный анализ компьютерных программ для гидравлического расчета водопроводных сетей	164
Глебова О.А. Оценка возможности инсинерации осадков сточных вод на очистных сооружениях канализации г. Вологды.....	170
Груничева Ю.А. Пути снижения концентраций нефтепродуктов в поверхностном стоке с территорий резервуарных парков	174
Данилова Е.А. Новые средства контроля качества природных вод	180
Дущак Т.В. Организация водоснабжения и водоотведения полевых лагерей в условиях чрезвычайных ситуаций	185
Захаров Р.И., Величкович Н.С. Технология получения сухого творога.....	191
Ефимова И.С. Возможности использования новых технологий для управления процессами коагуляции на водоочистных сооружениях города Сокола.....	196
Ивановская А.С. Исследование седиментационных свойств активного ила на очистных сооружениях канализации г. Вологды.....	200

Клементьева Г.В. К вопросу об использовании малых водотоков	206
Кулаков А.А. Изучение разделения иловой смеси на гидравлической модели аэротенка на очистных сооружениях канализации г. Вологды.....	210
Мудрикова О.В., Солдатова Л.С., Бабич О.О. Научные и практические аспекты контроля качества сырого молока	215
Плешков И.Н. Получение воды из воздуха	217
Полякова Л.Е. Улучшение технологических схем обезжелезивания воды, добываемой из подземных источников.....	225
Пономарев А.А. Математическое моделирование технологий авиаразведки и локализации источников опасности в зонах местных ЧС	229
Попова Д.А. Экономические и технические предпосылки повышения качества питьевой воды и уменьшения ее стоимости в городе Вологде.....	237
Попова Е.И. Определение токсичности многокомпонентных модификационных систем катионов некоторых тяжелых металлов методом биотестирования.....	242
Попова Е.А. Биотехнологии предварительной очистки природных вод	245
Прахов Д.Н. Фильтрующие материалы для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов	248
Разумникова И.С., Бабич О.О., Козлова О.В. Молочный напиток направленного действия с использованием биопептидов	256
Румянцев А.Е. Генерирование воды из атмосферы	258
Смольянинова С.О., Есина Е.А. Дефосфотация сточных вод на стадии механической очистки смесью минеральных реагентов.....	264
Турава И.Г. Информационно-аналитический блок управления стоками в систему водоотведения	270
Тютин А.А. Анализ условий формирования качества шахтных вод рудника «Карнасурт» в Мурманской области.....	275
Феоктистова А.А. Исследования процессов снижения значения ХПК при реагентной очистке молочных ополосков от мойки технологического оборудования.....	280

Научное издание

**Материалы
III ежегодных смотров – сессий
аспирантов и молодых ученых
по отраслям наук**

**I том
Технические науки**

Редактор Перерукова Л.А.

Оригинал-макет подготовлен Подхомутовой Н.В.

Подписано в печать 24.12.09.
Формат 60×90 1/16. Бумага офисная.
Печать офсетная. Усл.-печ. л. 18,85.
Тираж 90 экз. Заказ № 42.

Отпечатано: РИО ВоГТУ
160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15